المجلة الأكاديمية للإعجاز العلمي، 1437، عدد 2، رقم 1، ص 24-01
ISSN: 2356-9824 & doi:10.19138/ejaz.37.11

بحث أصلي

خلائط القوارير الفضية المطواعة: سبق قرآني في هندسة المواد المركبة

خالد فائق صديق العبيدي

أستاذ مساعد وخبير هندسة إنشائية، الإمارات.
بريد إلكتروني: drkhfaldy@yahoo.com

استلام 2016/06/14، موافقة: 2016/7/13، نشر: 15 ذو الحجة 1437، الموافق: 2016/09/17.

ملخص البحث

لقد ذكر القرآن الكريم المواد المعدنية والفخارية واللدائنية والخليطة، وهي التقسيمات الأربعة الرئيسة التي صنفها العلم الحديث في تخصصات علوم المواد وهندستها. بيد أن ما ورد في الذكر الحكيم من أمور المواد الخليطة، وهي تلك المواد التي تنشأ من خلط مواد مختلفة بنسب مختلفة لصناعة مادة جديدة، لأمر يدعو للعجب! وهذا البحث يبين أحد تلك العجائب القرآنية التي جاء ذكرها في سورة الإنسان [الآيات: 15-16] من موضوع الأكواب الفضية الشفافة. إذ أن ذكر صناعات الأكواب الزجاجية والمعدنية والخليطة موجود في حضارات قديمة كثيرة، لكن الوصف القرآني يفوقها جميعاً وبمراحل! بل يمكن عدَّ تصنيع نموذج منه في عصر التقنيات الهندسة الجزيئية والنانو اليوم من الأمور المعقدة جداً، وعليه؛ فإنه يتعدى كونه سبق إلى امكانية استنباط اختراع قرآني مذهل منه، وهو ما يتبناه هذا البحث.

الكلمات المفتاحية

الهندسة الجزيئية؛ هندسة المواد؛ المعادن؛ الفضة؛ الزجاجيات؛ السيراميكيات؛ المواد المركبة؛ النانو؛ الطين المعدني الثمين.

How to cite this paper - كيف تستشهد بهذا البحث: خالد فائق صديق العبيدي. 1437. خلائط القوارير الفضية المطواعة: سبق قرآني في هندسة المواد المركبة. المجلة الأكاديمية للإعجاز العلمي، عدد 2، رقم 1، ص 24-01.
http://dx.doi.org/10.19138/ejaz.37.11

المجلة الأكاديمية للإعجاز العلمي، 1437، عدد 2، رقم 1، ص 24-01
ISSN: 2356-9824 & doi:10.19138/ejaz.37.11

بحث أصلي

1. المقدمة

بسم الله الرحمن الرحيم؛ الحمد لله رب العالمين والصلاة والسلام على سيدنا محمد النبي الأمين وآله وصحبه والتابعين وبعد:
لقد ذكر القرآن الكريم المواد المعدنية والفخارية واللدائنية والخليطة، وهي التقسيمات الأربعة الرئيسة التي صنفها العلم الحديث في تخصصات علوم المواد وهندستها. بيد أن ما ورد في الذكر الحكيم من أمور المواد الخليطة، وهي تلك المواد التي تنشأ من خلط مواد مختلفة بنسب مختلفة لصناعة مادة جديدة، لأمر يدعو للعجب! وهذا البحث يبين أحد تلك العجائب القرآنية التي جاء ذكرها في سورة الإنسان [الآيات: 15-16] من موضوع الأكواب الفضية الشفافة. إذ أن ذكر صناعات الأكواب الزجاجية والمعدنية والخليطة موجود في حضارات قديمة كثيرة، لكن الوصف القرآني يفوقها جميعاً وبمراحل! بل يمكن عدَّ تصنيع نموذج منه في عصر التقنيات الهندسة الجزيئية والنانو اليوم من الأمور المعقدة جداً، وعليه؛ فإنه يتعدى كونه سبق إلى امكانية استنباط اختراع قرآني مذهل منه، وهو ما يتبناه هذا البحث.

2. معلومات عامة عن تقسيمات المواد وخلائطها وأصناف الزجاج

تعرف هندسة المواد بأنها طرائق وتقنيات تصميم وتشكيل وتصنيع مواد جديدة، أو التلاعب بخصائص مواد حسب الرغبات ووفق المتطلبات التي تستلزمها الفائدة والأغراض(1) (2).
تقسم المواد علمياً وتقنياً إلى 6 مجاميع كما يبين الشكل (1)، لعل أوسعها استخداماً المجموعات الثلاث الأولى: المعادن، الفخاريات والخزفيات، اللدائن والبلاستيكيات (1) (2).
لقد حصل تطور كبير جداً في بحوث المواد السيراميكية والمعدنية واللدائنية، وخصوصاً الألياف الزجاجية وألياف الكربون وخلائط المعادن بالسيراميكيات واللدائن بالمعادن والسيراميكيات كما يبين الشكل (1). ولعل هذه التقنية حديثة لم تعرف إلا في النصف الثاني من القرن العشرين الميلادي بعد التطور الكبير في فهم المواد وعلومها وتصرفاتها وهندستها (1) (2).
التعرف على الخصائص العامة للمواد يعد من أهم مقومات نجاح هندسة المواد لانتاج مواد جديدة بخصائص فريدة، والشكل (2) يبين أنواع تلك الخصائص وبعض تقسيماتها (1) (2).



شكل 1 أنواع المواد بمجاميعها الستة الرئيسة.



شكل 2 أنواع خصائص المواد وبعض تقسيماتها.

يعرف الفيزيائيون الزجاج بأنه: مادة منصهرة يمكن تبريدها دون أن تتبلور، أو أنه: سائل فائق التبريد (supercooled liquid) لا يملك نقطة تبلور أو ذوبان (crystallization or melting point)، ولا يمتلك ظاهرة الحرارة الكامنة للتبلور أو الانصهار (the phenomenon of the latent heat of crystallization or fusion). وهو برغم صلابته لا يمكن عدَّه مادة صلبة، بل هو سائل متماسك للغاية، وتوزيع ذراته غير منتظم. والزجاج مادة سيراميكية، صناعته من أهم الصناعات القديمة والحديثة(3) (4)(5)(6) (9).

How to cite this paper - كيف تستشهد بهذا البحث: خالد فائق صديق العبيدي. 1437. خلائط القوارير الفضية المطواعة: سبق قرآني في هندسة المواد المركبة. المجلة الأكاديمية للإعجاز العلمي، عدد 2، رقم 1، ص 24-01.
http://dx.doi.org/10.19138/ejaz.37.11

تعد عملية خلط المعادن بالسيراميكيات والزجاجيات من أهم المواد الخليطة صناعياً، وقد أجريت العديد من البحوث في مختلف أنحاء العالم للاستفادة من خلط صفات المعادن القوية المطواعة مع السيراميكيات الصلدة الهشة في مختلف صنوف التخصصات التقنية والصناعية كحقول هندسة المواد والهندسة الكهربائية والضوئية والصوتية وغيرها [1] [2].

عموماً؛ هناك خمسة أنواع رئيسة للزجاج السليكي وهي: الألومينوسيليكات، البوروسليكات، الفيوزدسليكات، الكيلات الرصاص، الصودا لايم سيليكا. هذه الأصناف الزجاجية الرئيسة تشتق منها آلاف الأنواع الثانوية المعروفة عالمياً، وهو ما يحصيه بيتر ثورنتون (Peter Thorntom) في كتابه: "أساسيات المواد الهندسية - Fundamentals of Engineering Materials- " صفحة 570 [1]، وترصده كذلك عدة مصادر أخرى [3][4][5][6][7][8].

يدخل الجزء الأكبر من زجاج النطرون الكلسي (Kalknatron Glass) اليوم في صناعة الأقداح لرخص ثمنه وفي صناعة القناني والنوافذ وحافظات المواد الغذائية بصورة خاصة وإذا ما استبدل بالجزء الأكبر من مادة الكلس أوكسيد الرصاص عندها تحصل على الكريستال الذي يتسم بانكسار عالي للضوء والذي يستعمل في صناعة الأقداح الثمينة والزهريات والزخارف الزجاجية. أما النوع الثالث والمهم فهو زجاج البوروسيليكات (Borosilicate) الذي يستعاض فيه عن الكلس بثالث أوكسيد البورون (Boron trioxide) وأوكسيد الألمنيوم (Aluminum oxide) والذي من خصائصه مقاومته للمواد الكيمياوية وتباين درجات الحرارة ويدخل في صناعة المصابيح والاواني المنزلية المقاومة للحرارة. ومن بين تلك التقسيمات والأصناف الزجاج المهمة والمستخدمة بشكل واسع الزجاج آمبرينا (Amberina Glass) والزجاج الأمريكي (American Glass) [3] [4][5][6] [9].

عرف الزجاج منذ تسعة آلاف سنة تقريباً ولكن ليس بشفافيته المعروفة الآن، إذ كانت الكؤوس والأقداح في ذاك الوقت غير شفافة. وغالباً ما كانت هناك مواد ملونة استعملت على هيئة لآلئ، كما كانت تجمد الرواسب المستخرجة من أفران صهر النحاس بين الحين والآخر وتحول إلى زجاج أخضر غير شفاف، وكانت مثل هذه اللآلئ الزجاجية المائلة إلى الخضرة معروفة من قبل المصريين القدماء منذ أكثر من خمسة آلاف عام [4][5][6] [9]. وترجع أقدم وثيقة مدونة في إنتاج الزجاج إلى مكتبة الملك الآشوري آشور بانيبال (650 سنة قبل الميلاد)، ونصَّت على أخذ (60) جزءاً من حبيبات الرمل، و(180) جزءاً من رماد نباتات البحر، و(5) أجزاء من حبيبات الطباشير لتحصل بعدها على الزجاج. والمواد المهمة التي تدخل في مينا الزجاج هي المواد ذاتها المستخدمة حالياً والتي هي: رمل الكوارتز، الصودا الموجودة بكميات كبيرة في رماد الأعشاب المائية والطحالب، الكلس، وإضافة إلى ذلك هناك شوائب متنوعة حسب اللون والخاصية المطلوبة. وتحدد نوعية وكمية تلك المواد خصائص فيزياوية وكيمياوية للزجاج المطلوب إنتاجه، مثل درجة صلابته ودرجة حرارته ولونه وانكسار الأشعة وغير ذلك[4][5][6] [9].

ولقد عرف تاريخ صناعة الزجاج استخدام البشر لعناصر عديدة أخرى لغرض إنتاج زجاج ملون بألوان زاهية كالزجاج الأزرق والأحمر والأخضر والأصفر والأرجواني وغير ذلك، إذ طور الكيميائيون عبر الزمن آلاف الأنواع من الزجاج لمعرفتهم بأكثر من (50) عنصراً كيميائياً مواد صالحة لإنتاج أنواع معينة من الزجاج [9]. ومن تلك الحالات إضافة نسب قليلة من مركبات عناصر لخليط الزجاج، مثل: المغنيسيوم والنيكل والبورون والنحاس والمنغنيز والذهب والفضة والتيتانيوم والكبريت والألمنيوم وغيرها كثير. ومن أهم المواد المعدنية الداخلة ضمن صناعة أصناف معينة من الزجاج : أوكسيد البورون (Boron trioxide) وأوكسيد الألمنيوم (Aluminium oxide) [3] [4].

تتطلب عملية تصنيع الزجاج درجات حرارة عالية تقدر بـ (600) درجة مئوية، وقد تطورت صناعة العصور القديمة عندما اخترع الإنسان الكور بدرجة حرارة تزيد على (1000) درجة مئوية واستطاع إنتاج كميات كبيرة منه، وقد ازدهر فن صناعة الزجاج في مصر في منتصف الألف الثاني قبل الميلاد ويستدل على ذلك اليوم من تلك الصحون والأقداح الرائعة[4][5][6] [9].

تعد الصناعات اليدوية الفنية الرومانية منتجات جديرة بالذكر، إذ مكنت من تطوير زجاج السبح (زجاج بركاني اسود) وتركيب الذهب بالزجاج الملون، إضافة إلى إتقان الرومان صناعة الألواح الزجاجية للنوافذ وتطوير الأواني. أما الذين تولوا الحكم بعد سقوط الإمبراطورية الرومانية فلم يكونوا يعنون بفن صناعة الزجاج، الأمر الذي أدى إلى هبوط النوعية بشكل سريع. وفي العصور الوسطى تطورت مدينة البندقية واحتلت مركز الصدارة في هذا الفن، ولأسباب غير معروفة استوطن صانعوا الزجاج جزيرة مورانو، وأخذت القطع الفنية طريقها إلى أنحاء المعمورة عبر طريق البندقية التجاري، ثم انتعشت مصانع الزجاج في ألمانيا بصورة خاصة بتوفير مواد الوقود الضرورية[4][5][6] [9].

علاوة على ذلك؛ استخدم رماد الخشب مواد أولية بدلا من الصودا بسبب كثرة استهلاك الخشب، ولكن حصل نوع من التغيير بعد ذلك عندما نجح الكيميائي الفرنسي نيكولاس ليبلانس(Nicolas Leblanc) عام 1790م باستخدام ملح الطعام لإنتاج الصودا مما أدى إلى انخفاض سعر الصودا وازدهار صناعة الزجاج وبداية عصر القصور الزجاجية[9].

وجهت علوم المواد اهتمامها نحو الزجاج، ففي ميونيخ توصل صانع الزجاج ومصمم التلسكوبات جوزيف فراونهوفر (Joseph Ritter von Fraunhofer) عام 1810م إلى طريقة قياس قوة انكسار أنواع مختلفة من الزجاج، فاشتهر بعدها عالمياً من خلال تلسكوباته ومكروسكوباته عالية الكفاءة. وفي عام 1866م التقى في مدينة (مينا) صاحب محل بصريات معروف يدعى كارل زيس (Carl Zeiss) بالفيزيائي الشهير الأستاذ في جامعة فريدريش شيلر في يينا آرنست كارل آبيه (Physician Ernst Karl Abbe / Friedrich-Schiller-Universität Jena) الذي كان يعمل على تطوير نوع من العدسات لأحد الأجهزة الميكروسكوبية، فتحقق ذلك الهدف المنشود بتطوير نوعية العدسات البصرية بعد ست سنوات من العمل الجاد والمتواصل. ثم أسس الرجلان بعد ذلك بفترة قصيرة وبالتعاون مع الكيميائي الألماني أوتوشوت (Otto Schott) عام 1884م مختبر تقنية الزجاج، معتمدين الأساس العلمي في إنتاج الزجاج فكانت نتيجة عملهم تصنيع مجهر جديد اكتشف روبرت كوخ (Robert Koch) عن طريقه جرثومة السل آنذاك. وعلى أثر ذلك ونتيجة للتطور السريع ظهرت عدسات خاصة للاستعمالات المتعددة منها عدسات ثرمومترية اتسمت بمقاومتها للحرارة ودقة القياس إضافة إلى تطوير أدوات لأغراض كيمياوية منها دوارق زجاجية سعة (500) لتر[9].

يتم تطوير الزجاج المعد للاستعمال والاستهلاك بالطرق الميكانيكية، وتجري عملية صهره على ثلاث مراحل: إسالة الخليط بدرجة (1000) إلى (1200) درجة مئوية، وتحرير المادة السائلة من كميات كبيرة من الغازات أولاً. بعدها يجري تصفية (مينا الزجاج) بدرجة 1200 درجة مئوية لحين اختلاط الجزيئات جيداً، وأخيراً ترك المادة بدرجة (900) إلى (1200) درجة مئوية لحين اختفاء آخر فقاعة غازية منه. واليوم؛ يوضع الزجاج السائل في أحواض كبيرة بطور 100 متر وسعة 2000 طن، تعمل بصورة متواصلة فعندما تصب المادة الخام في أحد الأطراف تخرج مينا الزجاج الخالصة المتجانسة من الطرف الآخر[4][5][6][9].

في علوم المعادن هنالك ما يعرف ببلورات الرصاص (Lead crystal) وهو عبارة عن زجاج شفاف من مادة الرصاص (Lead Glass) حيث يضاف أوكسيد الرصاص (Lead Oxide) إلى السليكا المصهورة أثناء صناعة الزجاج لتعطي بالنتيجة زجاج رائع أخاذ جميل له قابلية بريق وانعكاس للأشعة أكثر بكثير من الزجاج العادي[3][4][5][6][9] كما تبين الأشكال (3- أ، ب).



شكل 3-أ منتجات جميلة من الزجاج الحاوي على الرصاص (Lead Glass) المعروف ببلورات الزجاج (Lead crystal).



شكل 3-ب منتجات خلابة من زجاج الرصاص (Lead Glass) ببلورات زجاجية (Lead crystal) جميلة وأشكال رائعة -نسبة أوكسيد الرصاص 30 %وطلاء وترصيع بالذهب والفضة.



شكل 3-ج صناعات الزجاج وفنون تشكيلاته تأخذ بالألباب [9]

إن إضافة مادة الرصاص المعدنية لمصهور الزجاج السيراميكي الفخاري يعطي مركب أكثر رقة وأسهل في القطع حيث تكون نسب الرصاص متراوحة بين 30 –35% كنسبة مثلى للخليط لإعطاء أكثر لمعاناً وبريقاً وجمالية لأن النسب الأعلى تصعب عملية تشكل بلورات أثناء التصنيع، وقد تم اكتشاف تلك البلورات الأخاذة بواسطة العالم البريطاني جورج رافينسكروفت (George Ravenscroft) عام 1676م. ويتم تصنيع تلك التحف في دول عديدة منها الولايات المتحدة وتشيكيا وكندا واليابان والنمسا وإيرلندا وهولندا وفرنسا وتركيا ومصر وغيرها ولها عدة تسميات تجارية حسب الصنف والنوع والمركب الكيميائي وبلد التصنيع ومالك المعمل وعوامل أخرى مثل باكارات (Baccarat) وزجاج ستيوبن (Steuben Glass) وبلورات ووتر فورد (Waterford Crystal) وغير ذلك [3].

والحقيقة أن الزجاج يعتبر أحد أهم المواد القادرة على تشكيل البلورات الشفافة، ويتكون من صهر خليط من مركبات الكوارتز السيليكي مثل ثاني أوكسيد السيليكون (Silicon Dioxide) والصودا أو أوكسيد الصوديوم (Sodium Oxide) والنورة أو أوكسيد الكالسيوم (Calcium Oxide)، وتشكل مركبات الكوارتز تلك العماد لمادة الزجاج ويضاف له في أحيان كثيرة عناصر ومركبات أخرى للتجميل. ومركب الصودا يجعل من الزجاج سهل الصهر والتشكيل ولكنه يجعل الزجاج في نفس الوقت أضعف وأقل قوة وتحمل وأكثر تحسساً بالحرارة، بينما تقوم النورة بمنع الزجاج الغني بالصودا من التحلل بالماء، وعموماً يكون الزجاج

رقيقاً وهشاً وسهل الكسر وعالي في قابلية الاحتكاك الداخلي (High Internal Friction) لذلك يسمع له أزيزاً عند قطعه [1] [4].

بينما في حالة الزجاج الحاوي على الرصاص (Lead Glass) أو بلورات الرصاص (Lead crystal) الحاوية على أوكسيد الرصاص (Lead Oxide) تجعل الزجاج أسهل في الصهر والتشكيل مع إعطاءه قوة أكبر وتحمل أعلى ضد الكسر لأن الرصاص معدن ومطواع ولكن الناتج يفقد من قابلية الاحتكاك الداخلي (Internal Friction) وهذه الصفات تعطي مادة زجاج بلورات الرصاص قابلية فريدة من الخصائص الصوتية (Acoustical Properties) [3] [4].

قام المصريون القدماء منذ 1500 سنة قبل الميلاد بتصنيع النظارات ذات الألوان الزاهية، من خلال إضافة بعض المعادن (أو مركباتها) إلى الزجاج المنصهر. بينما واصل الرومان القدماء علم صنع الزجاج الملون وتوسيعه، وبحلول القرن الرابع بعد الميلاد كان الرومان قد تعلموا كيفية إنتاج الزجاج مزدوج الألوان (dichroic glass) أي بلونين. ولعل الأثر الأكثر شهرة المادة الذي تركه الرومان من هذا الزجاج مزدوج الألوان هو كأس لايكورغوس (Lycurgus Cup) المعروض في المتحف البريطاني (كما يبين الشكل 4)، وهو كأس أخضر في الضوء المنعكس من مصباح موضوع أمام الكأس، لكنه يتحول إلى اللون الأحمر في حال الضوء المنقول من المصباح فيما لو وضع خلف الكوب. وهذا الزجاج غير عادي يحتوي على جزيئات مجهرية من الذهب والفضة [10] تشبه دقائق النانو الحديثة (nanoparticles) وفقما أكده فريق بحثي من جامعة كامبردج عام 2007م أجرى تجاربه بأدق التقنيات الحديثة على نموذج الكأس الروماني[11] [12]، فيما اعتبر أنه النسخة الأولى لتقنية النانو (Nanotechnology) حينما عرفه الرومان وصنعوه بتلك الجمالية والدقة.



شكل 4 كأس لايكورغوس (The Lycurgus Cup) الروماني الصنع من القرن الرابع الميلادي، ويظهر بلون أخضر فاقع عندما يضاء الكأس من الأمام، وبلون أحمر ناصع عندما يضاء من الخلف. أمناء المتحف البريطاني (Trustees of the British Museum) [11]. الشكل العلوي: هو النموذج المصنع للكأس، والسفلي يمثل بقايا الكأس الأصلية التي أجريت عليها التجارب [12].

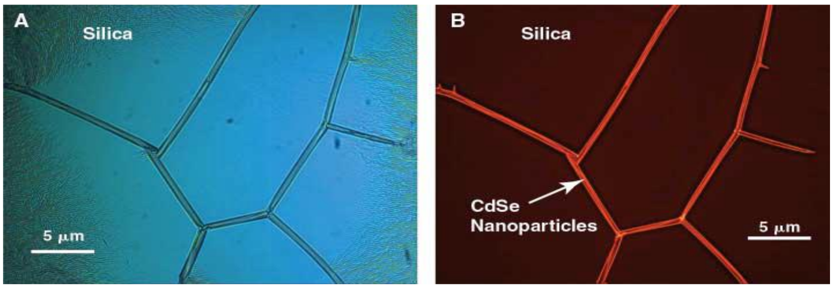
3. تصنيع الزجاجات المركبة الأحدث

كان لتطور علوم وتقنيات الهندسة الجزيئية وهندسة المواد ومنها تقنية النانو دوراً ثورياً في دفع عجلة التطور في هندسة المواد عموماً [2] [13]. فكان من ثمرات تلك التقنيات الثورية في هندسة المواد والهندسة الجزيئية حصول طفرات في تصنيع المواد هائلة المواصفات وفائقة الخصائص والمردودات.

ولعل من نتائج تطور ثورة هندسة المواد والهندسة الجزيئية وتقنيات النانو انتج وتطوير مواد جديدة غاية في الغرابة، مثل:

1. تطوير مادة أخف من الهواء وأطوع من المطاط وأقوى من الفولاذ، فتحت آفاقاً واسعة في تطوير العديد من الصناعات كما بينت مجلة ساينس عام 2009م [14].
2. تطوير مادة جيلاتينية شبيهة بالاسفنج بقوة الحديد وخفة الهواء تنثني بقوة دون أن تنكسر ولها خصائص فيزيائية وبايولوجية فائقة يستفاد منها صناعياً وطبياً، وفق مجلات علمية [15] [16].
3. مزج بين الدقائق النانوية (Nanoparticals) والجزيئات اللدائنية (polymers) والسيليكية لتصنيع مواد ذات خصائص ميكانيكية وضوئية وكهربائية فائقة الجودة (الشكل 5- أ) [17].
4. توجد في المختبرات الكيميائية البريطانية نافذة من الرصاص الشفاف بسمك 2م دلالة على التقدم التقني الذي توصله له البشر بخلط المعادن بالفخاريات [18]،

5. تم تطبيق وتنفيذ منشآت تتكون من نمط جديد من الخرسانة المنفذة للضوء سميت الخرسانة الشفافة أو الباثَّة للضياء (Light Transmitting Concrete /Transparent Concrete)، وقد نشرت بحوث عديدة في مجالات هندسية وعلمية مرموقة أعلن فيها عن عن اختراع وابتكار هذه المادة كدليل على أهمية الخلائط الهندسية للمواد في تشكيل مواد ذات مواصفات مميزة (الشكل 5-ب) [19][20].



شكل 5-أ تقنيات الهندسة الجزيئية الحديثة في مزج الدقائق النانوية (Nanoparticals) والجزيئات اللدائنية (polymers) ضمن المركبات السيليكية لتصنيع مواد ذات خصائص ميكانيكية وضوئية وكهربائية فائقة الجودة [17].



شكل 5-ب الخرسانة الشفافة [19][20].

أما عن الصناعات الزجاجية وخلائط المواد فيها اليوم فهي كثيرة، واستخداماتها متنوعة وعديدة، إذ يتم اكساء العمارات العالية والمكاتب بألواح زجاجية وغالباً ما تكون تلك الألواح من (الزجاج العاكس) لكونه مطلياً بطبقة معدنية خفيفة جداً لها القدرة على تخفيف أشعة الشمس في الصيف، كما تم تطوير نوع من الزجاج يطلق عليه (الزجاج الذكي) الذي يحتوي على طبقة خفيفة من مركب عنصر التنكستن، فلو مرر عليه تيار كهربائي ضعيف تتغير الطبقة كيمياوياً وكذلك نفاذيتها للأشعة تحت الحمراء، وهذا ينطبق تماماً على مرآة الرؤية الخلفية للسيارات التي تحجب الضياء العالي للسيارة التي خلفها ذاتياً. ويمتاز هذا النوع من الزجاج باقتصاده للطاقة بتحويل أشعة الشمس الساقطة على زجاج النافذة إلى تيار كهربائي لاحتوائه على طبقة رقيقة جداً من السليكون التي تساعد على تقليل نفاذية الضوء من جهة وتوليد تيار كهربائي بمقدار 100 واط من جهة أخرى[4][5][6] [9].

وفي عالم اليوم؛ لا يمكن تصور الأجهزة الكهربائية الحديثة دون زجاج، فالأجهزة التلفزيونية والحاسوبية والهواتف الذكية مصنعة من أنواع مختلفة من الزجاج، ومن خواص تلك الزجاجيات أنها لا تقي من الأشعة السينية الكائنة فيه فحسب، بل يتحمل ضغط الهواء بمقدار سبعة أطنان أيضاً[9][21].

ويدخل الزجاج أيضاً في صمامات ثنائية القطب والترنزستورات والكوارتز ورقائق الكمبيوتر، وكذلك تقنيات فصل المستحضرات الكيمياوية الحساسة عن بعضها باستخدام الزجاج مما يعني استخدامه بمثابة (كلية صناعية) في تحلية مياه البحر أو تنقية المياه الحيوية، إذ تعد التجاويف مراتع جيدة لإقامة مستعمرات بكتيرية فيما يخص الزجاج المستعمل والذي يتكون من بضع مواد. وثمة أنواع خاصة من الزجاج تحوي خلائط نادرة، مثل العدسات البصرية المتكونة من خلط 20 مادة مختلفة، تمتاز بتعتمها ذاتياً عند تعرضها للضغط، كذلك العدسات الليزرية التي تضاف فيها مواد معينة إلى الزجاج للحصول على درجة نقاء عالية جداً، وهذه

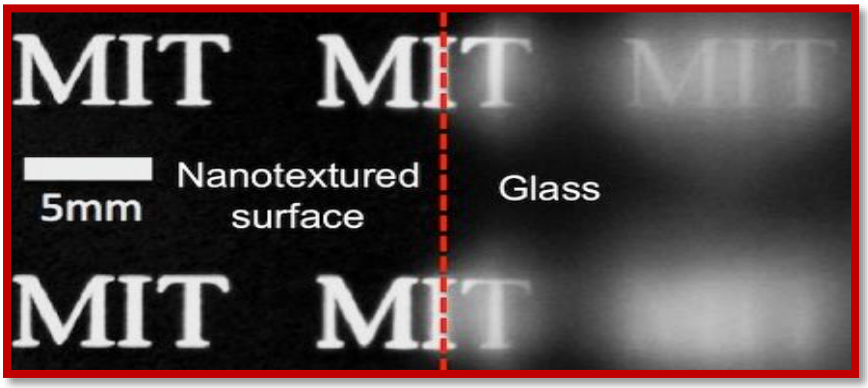
الدرجة من النقاء ضرورية لمد الألياف البصرية إلى مسافات طويلة. كما تدخل الألياف الزجاجية اليوم في عملية نقل المعلومات ومد خطوط الهاتف بدلاً من خطوط النحاس التقليدية، وهذه الألياف الزجاجية لها القدرة على نقل بلايين المعلومات والمكالمات بسرعة البرق[9] (21).

وفي مجال البحوث والصناعات للمواد الزجاجية أيضاً، حصلت قفزات نوعية لإضافات عناصر أخرى بديلة عن الرصاص للحصول على زجاج معدني جديد، كحال إضافة عناصر مثل: الباريوم (Ba) والنيوبيوم (Nb) وغيرهما، ولكن الأول أعطى زجاجاً قليل النقاء، والآخر كانت تكاليف انتاجه عالية للغاية. فالمشكلة تكمن في اختيار المثبتات الكيميائية التي تمنع التفاعل من الانزلاق نحو نتائج سيئة (10) (22). كما حصلت تطورات كبيرة في نهايات القرن العشرين وبدايات القرن الحادي والعشرين الميلاديين في بحوث الزجاجيات، ومنها الزجاجيات قليلة أو خالية المحتوى من مركبات الرصاص، كونه ملوثاً بيئياً وصحياً (22) (23). وعنيت العديد من المؤسسات والمعاهد العلمية والبحثية في تطوير الزجاجيات الخالية من الرصاص واستبداله بمواد معدنية أخرى، كما عقدت العديد من المؤتمرات العلمية والبحثية في سبيل تحقيق ذلك (24) (25).

ففي المؤتمر التقني العاشر للبدائل الصناعية الذي عقد لنفس الغرض في ألمانيا عام 2011م برعاية الاتحاد الدولي للبلورات والكريستال (International Crystal Federation's (ICF))، تحدث العديد من الباحثين المتخصصين عن مشاريع طموحة في هذا المجال، ومنهم على سبيل المثال: الدكتور احمد أحمد (Dr. Ahmed Ahmed) الأستاذ المتخصص في علوم الزجاجيات في المركز المصري لبحوث الزجاجيات (Professor of Glass Science at the Egyptian National Research Center)، فبين أنه يقود فريقاً بحثياً اتطوير بلورات زجاجية خالية الرصاص باستخدام خلائط بديلة من أكاسيد التيتانيوم والزنك والبوتاسيوم (titanium, zinc and potassium oxides) بدلاً من أكاسيد الرصاص التقليدية (traditional lead oxide) (24) (25).

كذلك حصلت عدة طفرات تقنية وبحثية في مجال الخلائط المعدنية-السيراميكية-اللدائنية، إذ نشرت بحوث عن الزجاج اللدائني القابل للشد والتمدد والانبعاج دون الكسر بتحسين قابليته المقاومة للشد، ونشرت في ذلك بحوث عديدة (26).

ونشرت كذلك بحوث مهمة في موضوع المغنيسيوم الزجاجي الذي لا يصدر عنه غاز الهيدروجين (27). وهنالك وبحوث أخرى تتعلق بتطوير قابليات الزجاج الانصهارية والتجمدية للحصول على نقاء أعلى ومقاومة أكبر[28]، وبحوث مهمة أخرى عن لزوجة وانسيابية جريان الزجاج والحرارة الناجمة من تصنيعه[29] (30) (31).



شكل 6 معهد ماساشوستس للتقنية "MIT" طور زجاجاً ذاتي التنظيف (32).

ومنذ نهايات القرن العشرين الميلادي عرف الزجاج المقاوم للصدمات والكسر والضغط، وعرف كذلك الطبقات الزجاجية المقاومة للضوضاء والمانعة للصوت. وفي أبريل عام 2012م أعلن فريق باحثين بمعهد ماساشوستس للتقنية "MIT" عن تطوير نوع جديد من الزجاج تستند فكرة إنتاجه على تقنية النانو لتكوين نسيج زجاجي متعدد الوظائف، ويتسم هذا الزجاج بعدة وظائف مثل: مقاومة بخار الماء والضباب، مضاد للانعكاس، وقادر على تنظيف نفسه بنفسه أي "ذاتي التنظيف"، (الشكل 6) (32).

أما عن مركبات الفضة المستخدمة صناعياً في عالم اليوم فتتجاوز تطبيقاتها أكثر من 100 استخدام تقني وصناعي في مختلف الصناعات. بيد أن استخدام الفضة في الصناعات الزجاجية تعد محدودة، لكن عموماً فإن تلك الزجاجيات الفضية تستخدم لأغراض هندسية غير مباشرة وليست جمالية أو استهلاكية بشرية مباشرة بسبب الخوف من النتائج البيئية والصحية غير الملائمة[33]. ومن بين تلك الأصناف الزجاجية الشائعة أنظمة: نظام الزجاج الثلاثي غير المتبلور المتكون من أوكسيد الروثينيوم والفضة

(AMORPHOUS RuO-Ag- GLASS TERNARY SYSTEM)[34]، نظام زجاجيات أكاسيد الكالسيوم والنايتروجين والفضة والفسفور ($P_2O5–CaO–Na_2O–Ag_2O$ glasses)[35]، وغيرها. ومن أهم أمثلة استخدامات الفضة في الصناعات الزجاجية وإدخال الفضة ضمن مركبات الزجاج:

1) استخدام الحضارات القديمة نترات الفضة (silver nitrate) لإنتاج الزجاج الملون (Stained glass) ذي اللون الأصفر البراق [33]،

2) أحد أهم تطبيقات خلط الفضة بالزجاج حالياً هي استخدامات مركبات الفضة بشكل واسع في ألواح الطاقة الشمسية (Solar Panels) أو الخلايا الشمسية، وقد نشرت أبحاث كثيرة في عديد المجلات والمؤتمرات العالمية بشكل دوري [34] [36] [37] [38] [39] [40] [41] [42].

3) هناك أيضاً استخدامات تتعلق بطلاء الزجاج بالفضة لأغراض جمالية ديكورية، أو لأغراض تقنية وهندسية مثل حالة النوافذ المزدوجة (Double pane windows) المستخدمة لطلاء زجاج عدسات المجاهر، أو طلاء زجاج النوافذ لأغراض عزل حراري أفضل وتقليل أشعة الشمس خصوصاً في المناطق الحارة [33].

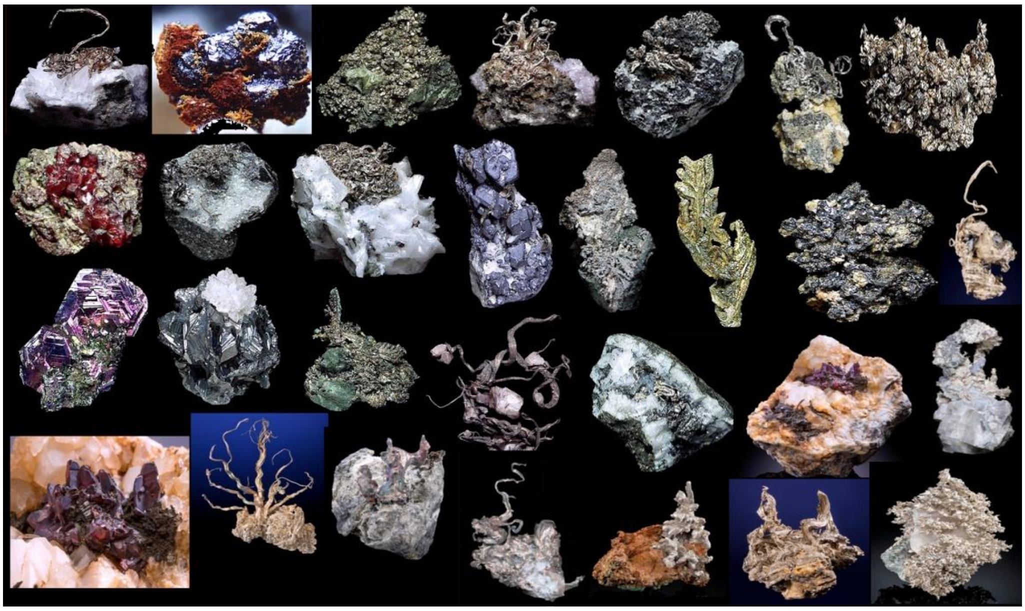
4) استخدامات جزيئات الفضة في زجاج النظارات، تلك النظارات المعتمة الحاوية على تقنيات الحماية من أشعة الشمس فوق البنفسجية (UV rays)، وهي العدسات اللونية المسماة فوتوكروميك (Photochromic (tint) lenses) [33].

5) زجاج الفخار الأملس (Pottery glaze) الحاوي على كلوريدات الفضة (silver chloride) اللازمة لإنتاج ما يعرف بـالصقيل البراق (inglaze luster) [33].

6) البحوث المقارنة المتعلقة باستقرارية أكاسيد الفضة الأحادية والثنائية والثلاثية والرباعية: ($AgO, Ag_2O, Ag_3O_4, Ag_4O_3$, and Ag_2O_3) المستخدمة صناعياً، حيث تبين أن أفضلها استقراراً واستخداماً في التركيبات الهندسية والصناعية هو ثاني أوكسيد الفضة (Ag_2O)، بينما البقية تحتاج في تفاعلاتها إلى مثبتات كيميائية تمنع انزلاق التفاعل الى نتائج غير محبذة [43]،

7) التطورات في تصنيع الزجاجيات المقاومة للبكتيريا وذات الصفات الاقل ضرراً للبيئة والأكثر تحملاً للإجهادات باستخدام عناصر أكاسيد الفضة [35]،

8) استخدام الطين الحاوي على أكاسيد الفضة الذي نبينه لاحقاً،



شكل 7 بلورات متنوعة وجميلة من بلورات الفضة الخام (Native Silver crystals) مع بلورات الكالسايت (Calcite) والبروستايت (Proustite) والآكانثايت (Acanthite) وبلورات جالينا (Galena crystals) وغيرها امثال: البوليباسايت، الستيليرايت، الآرجينتايت، البايرارغارايت، السيلينايت، والكوارتز [44] [45] [46].

لكن الأمر قد يأخذ أبعاداً أكثر روعة مع معادن أخرى لو قدر لها أن تخلط مع الزجاج وهي أكثر رقياً من معادن الرصاص والألمنيوم والبورون، خصوصاً تلك النفيسة منها كالذهب والفضة والبلاتين ولكن الأمر ليس بالهين لصعوبة الحصول على قابلية مزج تلك المعادن مع مصهور الزجاج إلا بنسب بسيطة. وقد حاول البشر عبر مراحل تطورهم مراراً الحصول على تركيبات جميلة لتلك العناصر الثمينة، وقاموا بطلي البلورات الزجاجية بالمعادن النفيسة وترصيعها بالأحجار الكريمة.

وهنالك في بقاع الأرض بلورات طبيعية خلابة لمركبات معدنية مخلوطة مع مركبات الفضة لكن ليس بالشكل الصناعي كما في بلورات الرصاص آنفة الذكر. الأشكال (7) تبين نماذج رائعة وخلابة لتلك البلورات غالية الأثمان المكتشفة في دول عديدة من جميع قارات العالم(44) (45) (46). صنع الله الذي أتقن كل شيء.

في العقد الأخير من القرن الماضي تم الإعلان عن اكتشاف أذهل علماء ومهندسي المواد، وهو اكتشاف علماء يابانيون لمعدن طيني يحوي معدن الفضة يمكن تصنيع الزجاج ذات المواصفات الفريدة منه. ولقد أطلقت تسمية المعدن الطيني الثمين على هذا النوع من المعادن الطينية المكتشفة (Precious Metal Clay-PMC-). ولقد فتح هذا الاكتشاف آفاق جديدة في عالم الفخاريات والزجاجيات بل عدّه بعض العلماء أنه ثورة مواد جديدة وهي مادة يمكن تصنيعها لتشكل مواد خليطة بين المعادن والفخاريات(47) (48) (49) (50).

هذه المادة تم تطويرها في اليابان ومتوفرة في الولايات المتحدة وتحديداً في (Rio Grande)، وهي ليست طين بالمعنى المتعارف عليه بل دقائق من الفضة مذابة في وسط عضوي رابط لتعطي خصائص تتشابه كثيراً مع خصائص الطين وخصوصاً ذلك الخزف الصيني الشهير (porcelain clay)(47) (48) (49) (50).

هناك نوعان من خلائط المواد المعدنية- السيراميكية على المستوى الجزيئي اخترعا حديثاً من قبل علماء يابانيون في بدايات العقد التسعيني من القرن العشرين الميلادي وأصبحا اليوم من المواد الشائعة والمشهورة تجارياً بعد أن أحدث اختراعهما دوياً كبيراً في الأوساط العلمية وقتئذ، المادتان هما الطين المعدني الثمين (Precious Metal Clay (PMC) والطين الفضي الفني (Art Clay Silver (ACS))(47) (48) (49) (50).

أما الأول، الطين المعدني الثمين (Precious Metal Clay -PMC)، فقد تم تطويره من قبل عالم المعادن الياباني الدكتور موريكاوا (Masaki Morikawa) عام 1990م. المعدن يتكون من بلورات مجهرية من الفضة الخالصة أو مسحوق الذهب الناعم مع محلول مائي عضوي غير سام رابط (water-soluble, non-toxic, organic binder) يزول خلال الحرق، وكان نجاح التجارب في هذا الخليط مع الذهب أولاًً ثم كان مع الفضة في بدايات التسعينيات من القرن الميلادي المنصرم. الصيغة الكيميائية الأصلية للطين المعدني الثمين تسمى اليوم بالطين المعدني الثمين الأصلي أو النموذجي أو الرئيسي (Standard PMC)، وهو على شكل عجينة تحرق في فرن بدرجة 900 مئوي (1650 فهرنهايتي) ولها نسبة تقلص (shrinkage rate) تعادل 30% (47) (48) (49) (50).

وهذا الطين الثمين يعمل بالضبط بنفس المواصفات والكفاءة التي يعمل بها الطين المستخدم في صناعة الخزفيات والزجاجيات. فعند تسخينه لدرجة 1650 مئوية لمدة ساعتين تحترق المادة العضوية الرابطة تاركة الدقائق الفضية لترص مجتمعة مكونة طبقة رقيقة تعطي لمعاناً وبريقاً وصفاء ونقاء أكثر بكثير من الفضة الاسترلينية المعروفة. ومن المعروف أن الفضة النقية تعتبر أهم المعادن المستخدمة في الزجاج المنصهر والمستخدم على نطاق واسع في الصمامات الكهربائية لأنه يتحمل درجات الحرارة العالية ولا ينتج عنه احتراق بسبب حرارة التيار الكهربائي المتجمعة(47) (48) (49) (50).

وبالرغم من أن المادة الجديدة تعمل مثل الطين فإن ثمنها يصل إلى 30 دولاراً للأونز الواحد. وهذا ما يحول دون تحويلها لمادة منتجة بكميات كبيرة لارتفاع ثمنها، ولكن ينتج منها اليوم بعض من النماذج الثمينة كالمزهريات والتحف الصغيرة التي تباع عند أصحاب المجوهرات(47) (48) (49) (50).

الحقيقة أن بعد نجاح التجارب على النوع الرئيسي قامت شركة ميتسوبيشي للمواد (Mitsubishi Material Corporation) التابعة لمجموعة ميتسوبيشي المعروفة بتطوير نسخ متقدمة من تلك المادة سميت بنسخة الطين المعدني الثمين زائد بي إم سي بلاص (PMC+) التي تحرق لدرجة أقل هي 810 مئوي (1490 فهرنهايتي) لمدة ثلاثين دقيقة ومن ثم نسخة بي إم سي 3 (PMC3) التي تحرق لدرجة 599 مئوي (1110 فهرنهايتي) لمدة 45 دقيقة، وكلتا المادتين لها نسبة تقلص أقل من الأصلية وهي 12-15% ويمكن حرقها بواسطة مشعل يدوي لمدة 4-7 دقائق. كذلك هنالك أنماط أخرى من هذا الصنف المسمى الطين المعدني الثمين (Precious Metal Clay (PMC) مثل مواد تذهيب من ذهب نوع (A 22k gold) تسمى شذا 22 (Aura 22)

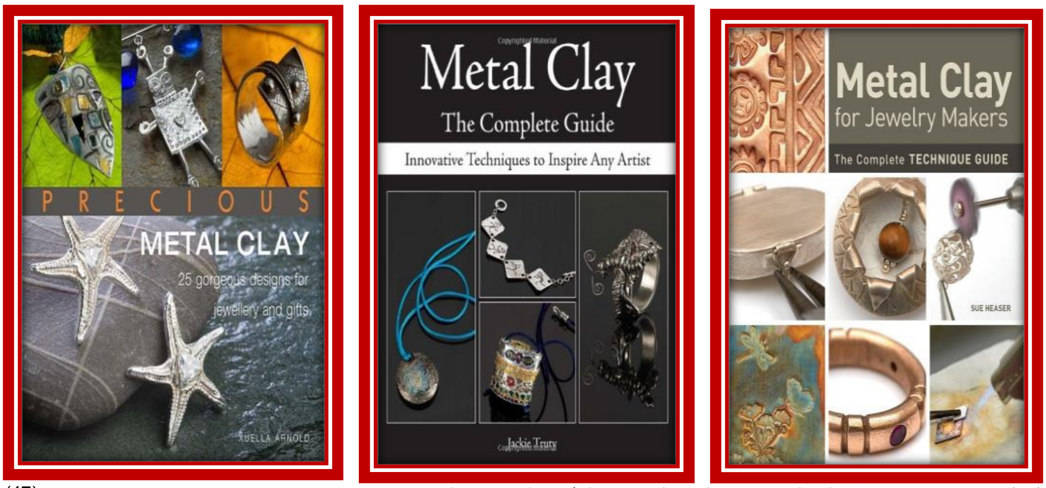
وأخرى تسمى قطع الطين الذهبي الأصفر (lump 22k yellow gold clay) وهي مضافات أو خلائط معدنية لدقيق الذهب الناعم والفضة الناعمة [29]. وهنالك ما يعرف بالطين الذهبي (18k gold clay) والطين البلاتيني (platinum clay) لكن تلك المادتين محصور تسويقهما داخل اليابان فقط[47] [48] [49] [50].

النوع الثاني هو الطين الفضي الفني ((Art Clay Silver (ACS) وقد طورته شركة يابانية أخرى هي شركة آيدا للصناعات الكيميائية (AIDA Chemical Industries) وهي شبيهة بالنوع المطور من الطين المعدني الثمين أو الطين الطين المعدني الثمين زائد بي إم سي بلاص(+PMC) وليست شبيهة بالنوع الأصلي أو الطين المعدني الثمين الأصلي أو النموذجي أو الرئيسي (PMC Standard) مما يجعل المستخدم من حرق المادة بواسطة المشعل اليدوي أو حتى قنينة الغاز. ونظراً للاختلاف الدقيق بين المواد الرابطة وأوقات الحرق للنوعين فإن هذه النوع أو الطين الفضي الفني له نسبة تقلص أقل من النوع الأول وتقدر بحوالي 8-10%[47] [48] [49] [50].

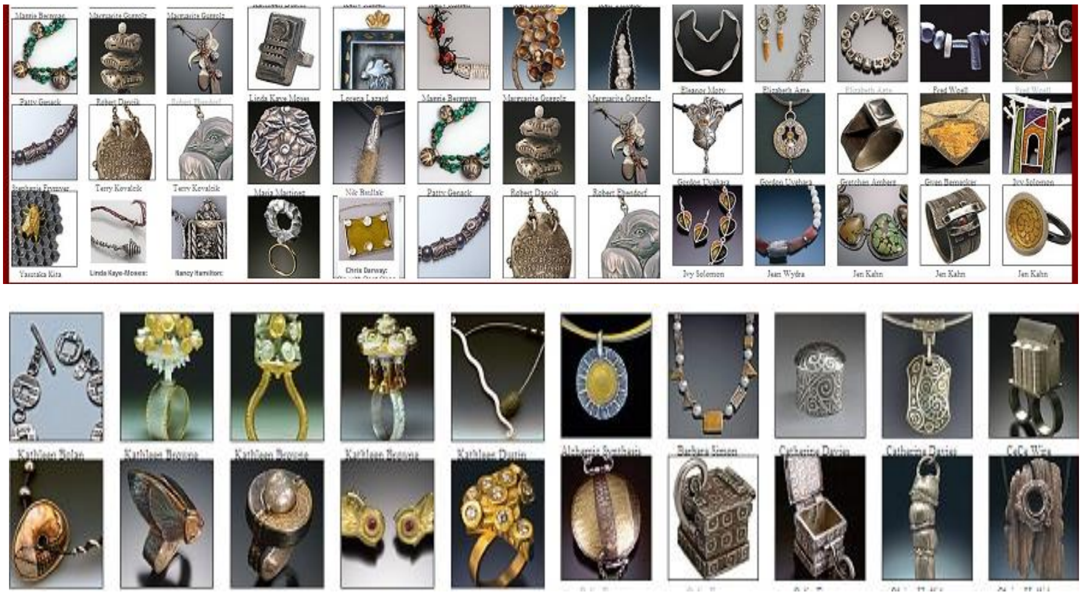
هنالك تطور لاحق لهذا النوع سمي بالطين الفني بطئ الجفاف (the Art Clay Slow Dry) ويمتاز بوقت أطول للعمل، ثم لحق ذلك تطور آخر هو الطين 650 والطين 650 بطئ الجفاف (Art Clay 650 and Art Clay 650 Slow Dry) واللذان يحرقان لدرجة 650 مئوي (1202 فهرنهايتي) ما يتيح للمستخدم خلط هذه المواد المطورة مع الزجاج والفضة الإسترلينية التي تتأثر سلباً بالحرارة العالية التي كانت تستخدم للجيل الأول من تلك المواد بنوعيها آنفي الذكر. كذلك قامت شركة آيدا للصناعات الكيميائية (AIDA Chemical Industries) بتصنيع معجون زيتي (Oil Paste) وهو منتج يستخدم لطلاء الطين المحروق أو بخلط دقيق الفضة الناعمة مع معجون غطائي الذي يستخدم لتصاميم الرسم على الزجاج والخزف الصيني (glass and porcelain) [47] [48] [49] [50].

ثم قامت نفس الشركة بتطوير معجون الطين الذهبي الفني (the Art Clay Gold Paste) عام 2006 م، وهو منتج يجعل التعامل مع الصناعات الفنية الذهبية عملية أكثر اقتصادية بحيث يطلى الطين الفضي المحروق بهذا المعجون ويوضع بالفرن مرة أخرى أو باستخدام المشعل اليدوي، وعند الحرق يترابط المعجون الذهبي بالفضة كي يعطي تفخيم ذهبي رائع وخلاب من ذهب 22 سنت (22ct gold accent). ثم في نفس العام تم تطوير مادة أخرى لهذا النوع هو الطين الفني بطئ فقدان البريق (Art Clay Slow Tarnish) واسمه يدل على صفته. ثم تم تطوير نوع يسير التصنيع سمي بنسخة إعملها بنفسك (do-it-yourself version) والتي جعلت من المادة مسحوق أو عجين متوفر تجارياً ويسير تصنيعياً [47] [48] [49] [50].

لقد ألفت عدة بحوث وكتب وحصلت عدة معارض عالمية ومؤتمرات دولية حول تلك المواد الجميلة التي عدت اليوم أحد أروع المثلة على تقنيات هندسة المواد الخليطة والمركبة. الأشكال (8، 9، 10) تبين بعض من تلك المنتجات الرائعة [47] [48] [49] [50].



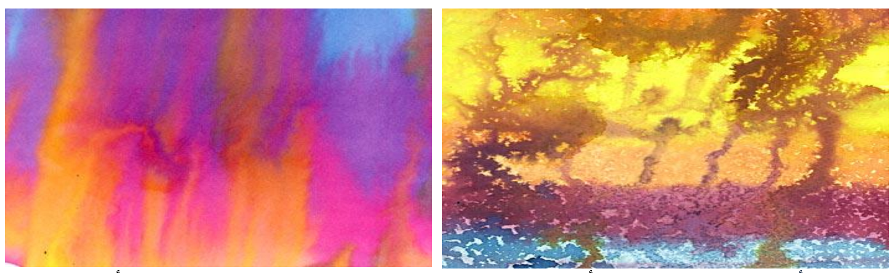
شكل 8 نماذج لمؤلفات حديثة حول مادة الطين المعدني الثمين Precious Metal Clay (PMC) [47] [48] [49].



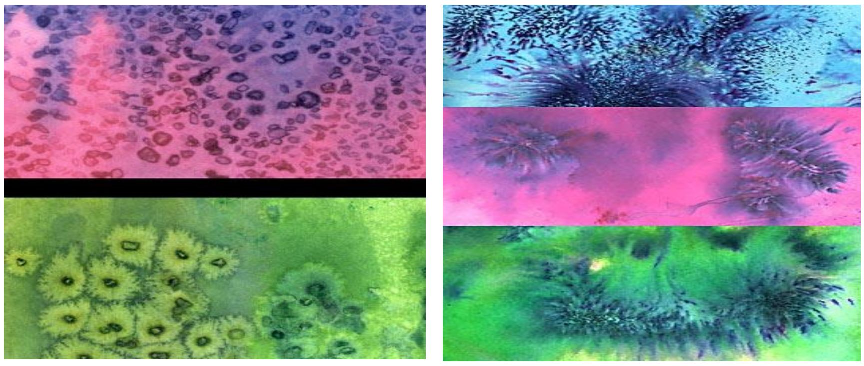
شكل 9 . نماذج من تشكيلات فنية رائعة صنعت من مواد الطين المعدني الثمين الذهبي والفضي والبلاتيني، كما بينه الإصدار السنوي لعام 2009م لتلك المواد [50].



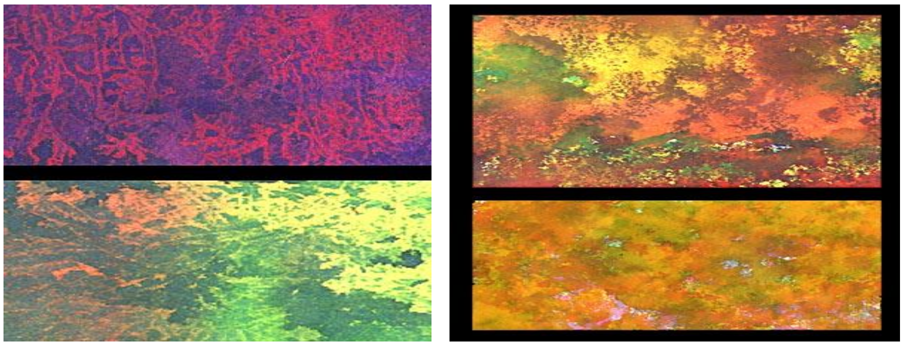
شكل 10 أصناف مختلفة لتشكيل الخزف المعدني ومنه الفضي.



شكل 11-أ الشكل الأيمن الصبغ الشفقي (Aurora Effect) والشكل الأيسر الرش الكحولي (Alcohol Spritz).



شكل 11-ب *الشكل الأيمن صبغ المساحيق الجافة (Using Dye Powders) والشكل الأيسر الرش الملحي (Salt Sprinkling).*



شكل 11-ج الشكل الأيمن الطريقة الاسفنجية (Sponging) والشكل الأيسر الطريقة الشمعية (Waxed Paper Resist).

شكل 11 أصناف لطلاءات معدنية مختلفة [50].

على العموم فإن الشكل الناتج من تشكيل (PMC) ليس جذاباً لدرجة كبيرة بسبب بساطة التجربة، ولكن التصنيع المسيطر عليه في الأفران الفائقة ينتج عنها نتائج غاية في الروعة والجاذبية (الشكل 10)[50].

اعتماداً على لون الزجاج فإن الفضة المضافة يمكن أن تتفاعل كيميائياً لتغير لون الناتج بشكل يؤدي إلى احتمالات عديدة وتشكيلات لونية كثيرة ورائعة كما تبين الأشكال(11). واعتماداً على الناتج التصنيعي للعينة يمكن أن نتعامل بالطرق المعدنية الباردة لتشكيل الزجاج حسب الرغبة لإبراز رونق الزجاج ولمعان الفضة معاً. وكذلك الحال مع عمليات طلائه حسب الرغبة. فبعد التحقق من الانتهاء من جميع العمليات الحارة المتعلقة بالصهر والتبريد الذي يليه والتنظيف بواسطة الفرشاة المعدنية يمكن ترطيب سطح العينة بمادة منظفة مرطبة لزجة تعطي سهولة للتنظيف والحك بالفرشاة الحديدية لغرض إزالة الغشاء الأبيض حتى يبرز اللون الفضي اللماع ولو بشكل باهت في بداية الأمر [50]. وفي النهاية يمكن تلميع العينة بشكل نهائي لإبراز اللون الفضي اللماع لتكون القطعة في النهاية غاية في الروعة والجمال[50] [51].

هناك طرق عديدة لصبغ وتلوين وتشكيل تلك الروائع الخزفية والزجاجية من هذا النوع من الصين الفضي أو غيره كما تبين الأشكال (12- أ) [51] [52] [53].

لدينا طريقة الصبغ الورقي (Paper Dyeing Techniques)، ومن أهم أشكاله وتفرعاته: التشكيل الشفقي (Aurora Effect)، طريقة الرش الكحولي (Alcohol Spritz)، طريقة الصبغ الجاف بالمساحيق (Dry Dye Powders)، الطريقة الملحية (Salt Sprinkling)، الاسفنجية (Sponging)، الشمعية (Waxed Paper Resist)، كما في الأشكال (11- أ، ب، جـ) [51] [52] [53].



شكل 12 الأيمن يبين قطعة خزفية مطلية كهربائياً بالفضة. الأيمن الأوسط يمثل مزهرية من الفضة نوع آمبرينا. والأيسر الأوسط والأيسر الطرفي يمثلان استخدامات الفضة الأمريكية.

إن طريقة اكتشاف معدن طيني يجعل من السهل تداخل الفضة بالزجاج أثناء الحرق، لكنه لا يعني أن عملية تمازج الفضة كمعدن مع الزجاج كمادة سيراميكية لم يعرفها الإنسان إلا اليوم، فمعروف أن المنتجات الخزفية والزجاجية عادة ما تطرز وتزخرف بالفضة وغيرها من المعادن والأحجار الكريمة وبأشكال مختلفة، وهذا ما يعرف بالتطريز الفضي للزجاج (Silver Overlay Glass). هذه العملية تتم باستخدام تقنية الطلاء الكهربائي (electroplated) وبعدة أساليب وطرق [48] [49] [50]. تقنيات الطلاء بالفضة تعود أصولها للقرن التاسع عشر وتحديداً عام 1870 ميلادية (الشكل 12) من قبل شركات ومؤسسات وأفراد أمثال: فريديريك شيرلي (Frederick Shirley) في الولايات المتحدة الأمريكية عام 1879م، أيرارد وراوند في شركة ستيفنس وويليامز (Erard and Round for Stevens & Williams Ltd.) عام 1889م، وجون شيرلينغ (John Sharling) عام 1893م في الولايات المتحدة الأمريكية أيضًا الذين كان لهم الفضل في معرفة هذا النوع من الطلاء، ومن بعدهم تطور الطلاء الكهربائي ليصل اليوم لأساليب أكثر دقة وتفنناً (الأشكال 12). كما إن وضع الفضة وتشكيلها فوق المنتجات الزجاجية كان يستخدم بشكل واسع قبل الطلاء الكهربائي من قبل الزجاجين والفخارين منذ أزمن قديمة ولكن الطلاء الكهربائي جاء ليضيف تشكيلات أكثر دقة وتنظيماً من العمل اليدوي، لكن الفن اليدوي يبقى دائماً هو الأغلى والأكثر قيمة مادية وفنية [51] [52] [53] (الشكل 13).

وهناك الكثير من الفنون الشرقية والغربية في هذا المجال كما هو الحال في الخزف الصيني والياباني والإسلامي مثل التركي والفارسي والعراقي والشامي والمصري والمغربي وغيره. كذلك هناك التشكيل الإيطالي الذي اشتهرت به فينيسيا ومن بعده الإنجليزي والأمريكي وغيره . وكما هو الحال في كل أنواع الفضة فإن نواتج الطلاء قد تؤدي لفقد الفضة لمعانها وبريقها لتصبح سوداء وغير جذابة، وتبعاً لنوع الصفيحة الزجاجية المطلية إن كانت رقيقة أو سميكة قابلة للنقش عليها وزخرفتها [3][4][5][6][7][8] [51] [52] [53].

مما سبق؛ يتبن لنا أن الاكتشافات التقنية الحديثة للمواد المركبة ومنها تقنيات الهندسة الجزيئية والنانو وتلك المتعلقة بالمعدن الطيني الثمين (Precious Metal Clay - PMC-) وغيرها قد فتحت أبواباً جديدة في علوم وتقنيات الخزفيات والزجاجيات والمواد الخليطة عموماً.



الشكل (١٣): نماذج خلابة أخاذة من مادة الزجاج المطعم بالطلاء الفضي

4. السبق القرآني في هندسة الخلائط: القوارير الفضية المطواعة

هل يمكن أن نتصور أن هذه التقنيات الحديثة جدًا في هندسة الخلائط قد سبقها القرآن الكريم، بل وزاد عليها، بتصريح واضح يدحض كل مشكك بعلمية وشمولية وسبق وإعجاز هذا الكتاب المذهل؟ نعم يا أخوة وبكل تاكيد؛ فالقرآن الكريم سبَّاق في كل خير من خيري الدنيا والآخرة.

لنتدبر جميعاً قول الله جل وعلا في وصفه لجوائز الجنة في سورة الإنسان: {إِنَّ الْأَبْرَارَ يَشْرَبُونَ مِنْ كَأْسٍ كَانَ مِزَاجُهَا كَافُورًا (5) عَيْنًا يَشْرَبُ بِهَا عِبَادُ اللَّهِ يُفَجِّرُونَهَا تَفْجِيرًا (6) يُوفُونَ بِالنَّذْرِ وَيَخَافُونَ يَوْمًا كَانَ شَرُّهُ مُسْتَطِيرًا (7) وَيُطْعِمُونَ الطَّعَامَ عَلَى حُبِّهِ مِسْكِينًا وَيَتِيمًا وَأَسِيرًا (8) إِنَّمَا نُطْعِمُكُمْ لِوَجْهِ اللَّهِ لَا نُرِيدُ مِنْكُمْ جَزَاءً وَلَا شُكُورًا (9) إِنَّا نَخَافُ مِنْ رَبِّنَا يَوْمًا عَبُوسًا قَمْطَرِيرًا (10) فَوَقَاهُمُ اللَّهُ شَرَّ ذَلِكَ الْيَوْمِ وَلَقَّاهُمْ نَضْرَةً وَسُرُورًا (11) وَجَزَاهُمْ بِمَا صَبَرُوا جَنَّةً وَحَرِيرًا (12) مُتَّكِئِينَ فِيهَا عَلَى الْأَرَائِكِ لَا يَرَوْنَ فِيهَا شَمْسًا وَلَا زَمْهَرِيرًا (13) وَدَانِيَةً عَلَيْهِمْ ظِلَالُهَا وَذُلِّلَتْ قُطُوفُهَا تَذْلِيلًا (14) وَيُطَافُ عَلَيْهِمْ بِآنِيَةٍ مِنْ فِضَّةٍ وَأَكْوَابٍ كَانَتْ قَوَارِيرَا (15) قَوَارِيرَ مِنْ فِضَّةٍ قَدَّرُوهَا تَقْدِيرًا (16) وَيُسْقَوْنَ فِيهَا كَأْسًا كَانَ مِزَاجُهَا زَنْجَبِيلًا (17) عَيْنًا فِيهَا تُسَمَّى سَلْسَبِيلًا (18) وَيَطُوفُ عَلَيْهِمْ وِلْدَانٌ مُخَلَّدُونَ إِذَا رَأَيْتَهُمْ حَسِبْتَهُمْ لُؤْلُؤًا مَنْثُورًا (19) وَإِذَا رَأَيْتَ ثَمَّ رَأَيْتَ نَعِيمًا وَمُلْكًا كَبِيرًا (20) عَالِيَهُمْ ثِيَابُ سُنْدُسٍ خُضْرٌ وَإِسْتَبْرَقٌ وَحُلُّوا أَسَاوِرَ مِنْ فِضَّةٍ وَسَقَاهُمْ رَبُّهُمْ شَرَابًا طَهُورًا (21) إِنَّ هَذَا كَانَ لَكُمْ جَزَاءً وَكَانَ سَعْيُكُمْ مَشْكُورًا (22) } [الإنسان: 5-22].

لو ركزنا على قوله تعالى: { وَيُطَافُ عَلَيْهِمْ بِآنِيَةٍ مِنْ فِضَّةٍ وَأَكْوَابٍ كَانَتْ قَوَارِيرَا (15) قَوَارِيرَ مِنْ فِضَّةٍ قَدَّرُوهَا تَقْدِيرًا (16) } [الإنسان: 15-16]. فالقوارير جمع قارورة تشبه الجرة، وهي أواني سهلة الكسر من الزجاج والفخار وغيره، وهي أوان مزججة في الغالب، فكيف تكون من فضة؟! وكيف يمكن تقديرها؟!

5. أقوال المفسرين والعلماء في الآيات الكريمات من سورة الإنسان:

أ. قال صاحب الإتقان: (قد تكون الاستعارة بلفظين نحو قوارير { قَوَارِيرَ مِنْ فِضَّةٍ } يعني تلك الأواني ليست من الزجاج ولا من الفضة بل في صفاء القارورة وبياض الفضة) (54).

ب. وفي التبيان: يعني قد اجتمع فيها صفاء القوارير وبياض الفضة (55).

ت. وفي لسان العرب: يسأل السائل فيقول كيف تكون القوارير من فضة وجوهرها غير جوهرها قال الزجاج معنى قوله تعالى : { قَوَارِيرَ مِنْ فِضَّةٍ } أصل القوارير التي في الدنيا من الرمل فأعلم الله فضل تلك القوارير أن أصلها من فضة يرى من خارجها ما في داخلها قال أبو منصور أي تكون مع صفاء قواريرها آمنة من الكسر قابلة للجبر مثل الفضة قال وهذا من أحسن ما قيل فيه (56).

ث. في التعريفات: المشكل هو ما لا ينال المراد منه إلا بتأمل بعد الطلب، وهو الداخل في أشكاله أي في أمثاله وأشباهه مأخوذ من قولهم أشكل أي صار ذا شكل كما يقال أحرم إذا دخل في الحرم وصار ذا حرمة مثل قوله { قَوَارِيرَ مِنْ فِضَّةٍ }، الدهر أنه أشكل في أواني الجنة لاستحالة اتخاذ القارورة من الفضة والأشكال هي الفضة والزجاج فإذا تأملنا علمنا أن تلك الأواني لا تكون من الزجاج ولا من الفضة بل لها حظ منهما إذ القارورة تستعار للصفاء والفضة للبياض فكانت الأواني في صفاء القارورة وبياض الفضة (57).

ج. يقول الطبري في تفسيره: قوارير في صفاء الصفاء من فضة الفضة من البياض، قال الحسن، في قوله: { قَوَارِيرَ مِنْ فِضَّةٍ } قال: صفاء القوارير في بياض الفضة. عن أبي صالح، في قوله: { قَوَارِيرَ مِنْ فِضَّةٍ } قال: كان ترابها من فضة.. وقوله: { قَوَارِيرَ مِنْ فِضَّةٍ } قال: صفاء الزجاج في بياض الفضة... عن قتادة، في قوله: { قَوَارِيرَ مِنْ فِضَّةٍ } قال: لو احتاج أهل الباطل أن يعملوا إناء من فضة يرى ما فيه من خلفه، كما يرى ما في القوارير ما قدروا عليه. عن قتادة { قَوَارِيرَ مِنْ فِضَّةٍ } قال: هي من فضة، وصفاؤها: صفاء القوارير في بياض الفضة.. وعن مجاهد قوارير من فضة قال: على صفاء القوارير، وبياض الفضة.. وقوله: { قَدَّرُوهَا تَقْدِيرًا } يقول: قدروا تلك الآنية التي يطاف عليهم بها تقديرا على قدر ريهم لا تزيد ولا تنقص عن ذلك. وبنحو هذا قال أهل التأويل (58).

ح. قال الثعالبي رحمه الله تعالى: وقوله تعالى: { قَوَارِيرَ مِنْ فِضَّةٍ } يقتضي أنها من زجاج ومن فضة، وذلك متمكن؛ لكونه من زجاج في شفوفه ومن فضة في جوهره، وكذلك فضة الجنة شفافة، قال القرطبي في «تذكرته»: وذلك أن لكل قوم من تراب أرضهم قوارير، وأن تراب الجنة فضة، فهي قوارير من فضة؛ قاله ابن عباس، انتهى... وقوله تعالى: { قَدَّرُوهَا تَقْدِيرًا } أي: على قدر ريهم؛ قاله مجاهد، أو على قدر الأكف قاله الربيع، وضمير {قدروها} يعود إما على الملائكة، أو على الطائفين، أو على المنعمين (59).

خ. أما النسفي رحمه الله تعالى فيقول في تفسيره: {تذليلا ويطاف عليهم بئانية من فضة} أي يدير عليهم خدمهم كئوس الشراب. والآنية جمع إناء وهو وعاء الماء {وأكواب} أي من فضة جمع كوب وهو إبريق لا عروة له {كانت قواريرا} «كان» تامة أي كونت فكانت قوارير بتكوين الله نصب على الحال { قَوَارِيرَ مِنْ فِضَّةٍ } أي مخلوقة من فضة فهي جامعة لبياض الفضة وحسنها وصفاء القوارير وشفيفها حيث يرى ما فيها من الشراب من خارجها. قال ابن عباس رضي الله عنهما: قوارير كل أرض من تربتها وأرض الجنة فضة. والوقف على الأول قد قيل ولا يوثق به لأن الثاني بدل من الأول { قَدَّرُوهَا تَقْدِيرًا } صفة لـ { قَوَارِيرَ مِنْ فِضَّةٍ } أي أهل الجنة قدروها على أشكال مخصوصة فجاءت كما قدروها تكرمة لهم، أو السقاة جعلوها على قدر ري شاربها فهي ألذ لهم وأخف عليهم. وعن مجاهد: لا تفيض ولا تغيض [60].

د. قال البيضاوي رحمه الله تعالى: {ويطاف عليهم بآنية من فضة وأكواب} وأباريق بلا عروة. {كانت قواريرا}. { قَوَارِيرَ مِنْ فِضَّةٍ } أي تكونت جامعة بين صفاء الزجاجة وشفيفها وبياض الفضة ولينها، { قَدَّرُوهَا تَقْدِيرًا } أي أن هذه الأكواب تكونت جامعة بين صفاء الزجاجة وشفيفها وبياض الفضة ولينها [61].

ذ. وبنحو هذه الأقوال ذكر ابن كثير رحمه الله تعالى، وزاد : (وقال العوفي عن ابن عباس: { قَدَّرُوهَا تَقْدِيرًا } قدرت للكف وهكذا قال الربيع بن أنس وقال الضحاك على قدر كف الخادم وهذا لا ينافي القول الأول فإنها مقدرة في القدر والري)[62]. وأيد تلك الأقوال الإمام القرطبي رحمه الله تعالى: وزاد: (وذلك قوله تعالى: **{ قَدَّرُوهَا تَقْدِيرًا }** أي لا يفضل عن الري ولا ينقص منه، فقد ألهمت الأقداح معرفة مقدار ري المشتهى حتى تغترف بذلك المقدار. ذكر هذا القول الترمذي الحكيم في «نوادر الأصول»)[63]. فالأبرار بعد عناءهم الدنيوي فهم في متاعهم متكئين على الأرائك بين الظلال الوارفة والقطوف الدانية والجو الرائق يطاف عليهم بآنية من فضة وفي أكواب من فضة كذلك ولكنها شفة (أي شفافة) كالقوارير مما لم يعهده الأرض من آنية الفضة وهي بأحجام متعددة تقديراً يحقق المتاع والجمال[64].

6. النتيجة

إذن؛ خلاصة أقوال أهل العلوم القرآنية في اللغة والتفسير: أن تلك القوارير الفضية والأكواب الجميلة مطواعة لينة وقوية معاً، لا تتكسر من جهة لقوتها، بينما يتمكن أهل الجنة من تشكيلها بأيديهم وفقما يشاؤون من أشكال وأحجام من جهة أخرى بسبب مطاوعتها ولينها. كما أن مادتها تمتاز بخصائص تجمع بين نقاء الزجاج وصفاءه وشفافيته من جهة، وبين لمعان الفضة ومطاوعتها وقوتها من جهة ثانية. ويا له من أمر عجب!!

ولقد قصَّ علينا القرآن العظيم أمثلة أخرى لمسائل تتعلق بالمواد المركبة كما في صناعة سد ذي القرنين في سورة الكهف، وإلانة الحديد ومطواعيته بيد سيدنا داود عليه السلام في سورة سبأ [الآية: 10] من قوله تعالى: **{وَلَقَدْ آتَيْنَا دَاوُدَ مِنَّا فَضْلاً يَا جِبَالُ أَوِّبِي مَعَهُ وَالطَّيْرَ وَأَلَنَّا لَهُ الْحَدِيدَ (10)}**. ولدينا كذلك قصة ملكة سبأ بلقيس عند قدومها على نبي الله سليمان عليه السلام ودخولها قصراً قد بني من قوارير مزججة وفيه من التحف المعمارية الكثير، لعل أهمها ما كان الماء يجري من تحت أرضه الشفافة، وعندما أرادت أن تجتازه حسبته ماء فأزالت بعض ثيابها مخافة أن تبتل فيه فكشفت عن ساقيها كما بين لنا الكتاب الكريم في قوله تعالى: **{ قِيلَ لَهَا ادْخُلِي الصَّرْحَ فَلَمَّا رَأَتْهُ حَسِبَتْهُ لُجَّةً وَكَشَفَتْ عَنْ سَاقَيْهَا قَالَ إِنَّهُ صَرْحٌ مُمَرَّدٌ مِنْ قَوَارِيرَ قَالَتْ رَبِّ إِنِّي ظَلَمْتُ نَفْسِي وَأَسْلَمْتُ مَعَ سُلَيْمَانَ لِلَّهِ رَبِّ الْعَالَمِينَ (44) }** [النمل:: 44].. يقول السمعاني في تفسير الآية الكريمة: (وَمَا أشبههَا شَيْئا كثيرا، ثمَّ أَمر أَن يلبس المَاء غشاء من قَوَارِير. وَفِي بعض الرِّوَايَات: أَنه اتخذ صحنا من قَوَارِير، وَجعل تَحْتَهُ تماثيل من الْحيتَان والضفادع، وَكَانَ الْوَاحِد إِذا رَآهُ ظَنّه مَاء. وروى أَن سُلَيْمَان - عَلَيْهِ السَّلَام - أَمر بسريره حَتَّى وضع فِي وسط الصرح، ثمَّ دَعَاهَا إِلَى مَجْلِسه، فَلَمَّا وصلت إِلَى الصرح وَنظرت ظنت أَنه مَاء، فَكشفت عَن سَاقيهَا لتدخل فِي المَاء، فصاح سُلَيْمَان: **{إِنَّه صرح ممرد من قَوَارِير}**)[65].

فكم هو عظيم هذا القرآن الكنز الذي شرفت البشرية به وكم هو أعظم التزامنا به لنفوز بسكينة دنيوية وجوائز أخروية فيها ما لا عين رأت ولا أذن سمعت ولا خطر على قلب بشر.

ألا يدفع هذا السبق المسلم للبحث عن مادة جديدة تأخذ صفات الفضة (وهي معدن) مع صفات زجاج (وهي فخار) وتمتاز بلدونتها ومطواعيتها العالية. فلو لاحظنا أن تفسير الآيات الكريمات قد جمعت حالتين:

أ) الأولى؛ أن القوارير الشفافة هذه ليست زجاج بل هي من معدن الفضة الصلب غير الشفاف، ولكنها فضة شفافة يرى داخلها من خارجها وبالعكس.

ب) الثانية؛ الأبرار يقدرون أحجام وأشكال وألوان هذه القوارير الفضية والأكواب الشفافة بأيديهم ووفق ما يريديوه ويشتهونه، أي كأنهم يتلاعبون بها كما نتلاعب نحن بالصلصال أو الطين الصناعي المعروف لدينا في الدنيا، فيقومون بتغييرها كيفما يريدون.

وهذا بالضبط ما يجمع بين حال التفاعلات الكيميائية للمواد الخليطة من السيراميكيات والمعادن من جهة؛ وبين الطين الفضي الغالي (PMC) المكتشف حديثاً الذي يمكن تشكيله بأية صيغة وهيئة من جهة ثانية؛ وبين فنون الطلاء والتلوين لتلك التحف الخلابة وفق ما تشتهيه النفس وترنو إليه من جهة ثالثة. ولعل في هذا سبق قرآني هندسي وصناعي غاية في الدقة والروعة، فضلاً عن أنه مدعاة للاختراع والاكتشاف والتصنيع.

لكن رغم ما توصلت له علوم التقنيين الذين طوروا واكتشفوا تلك التقنيات الحديثة للمواد إلا أن الوصف القرآني أروع وأجمل من جميع ما توصلت إليه تقنيات وصناعات البشر منذ كأس لايكورجاس الروماني (The Lycurgus Cup) قبل 1600 عام وما شاكله وصولاً إلى جميع اكتشافاتنا الحديثة، وهو أن تكون فضة شفافة نقية صافية يظنها الرائي زجاجاً لكن حقيقتها فضية، والأعجب أن يشكلها المستخدم كيفما يشاء. إذ ليس ثمة عجب في تشكيل أكواب من مواد معدينة أو زجاجية أو فخارية أو لدائنية أو خليطة، فذلك مشاع معروف في عالم اليوم، وإن طالته بحوث التطوير والتحديث بإضافات لونية أو شكلية أو هيئوية (انظر الشكل 14)[66][67]، لكن الأعجب أن يكون الأمر هو تشكيل تلك الأكواب بنقاء وصفاء رقراق أنقى من الماء، وهي في الوقت عينه من فضة خالصة لا يشوبها أي شائب يكدر صفوها ويمنع نقاءها، والأدهى من ذلك أنها لينة غير صلبة تتشكل وفق رغبات مستخدميها دون عناء أو حاجة إلى حرارة تصنيع أو ذهاب إلى معمل أو مختبر.. تلك هي بضاعة القرآن العظيم وفوائز جنات النعيم!



شكل 14 نموذج ياباني يمثل تصنيع خزفي حديث بهيئة كوب ادخلت فيه تقنيات خزفية وسيراميكية ومعدنية حديثة[66][67].

فهل يتمكن البشر من تصنيع مادة تجمع بين نقاء الزجاج وحقيقة الفضة وليونة الطين وسرعة انسيابية التشكيل والتلوين!!

هذا ما دعى لاكتشافه الباحث كي نقدم للغرب اختراعنا القرآني الذي أريد به جوائز للآخرة لمن استحق ثواب الله ومرضاته وجناته، لكنه في ذات الوقت هندسة قرآنية غاية في الروعة تبين للناس روعة هذا الدين وعلميته العظيمة وهو ما دعونا له وندعو له دائماً، (الشكل 15) [68].



شكل 15 لقاءات الباحث على قناة الجزيرة عام 2009م لتبيان تفاصيل البحث في المشروع.

ولقد دعى المؤلف في الطبعة الأولى من كتابه "المنظار الهندسي للقرآن الكريم" عام 2001م إلى تشكيل لجنة بحثية لتصنيع مادة الزجاج الفضي أو الفضة الزجاجية نقدمها للغرب على أنها دعوة لكتاب الله ودين الله بشكل حضاري، وكان ذلك قبل ان يذاع صيت تلك المادة المكتشفة من اليابانيين أواسط التسعينيات ولكن لا مجيب. ولعل في هذا دليل على أن الإعجاز القرآني يمكن أن يسبق أهل الغرب لو توفرت لأهله مراكز بحثية وعلمية رصينة مدعومة وليس كما يزعم أعداء الإعجاز أن العاملين فيه إنما ينتظرون الغرب يكتشف ويخترع ويبحث ثم يربطون ذلك بالقرآن فيؤولون حسب أهواءهم ويلوون أعناق الآيات وفق رغباتهم! نقول: لو توفرت تلك المراكز البحثية لنا لقدمنا للعالم نماذج دعوية علمية وتقنية من الكتاب والسنة تغير نظرة الآخر من الغربيين والشرقيين للإسلام وأهله، وهذا لعمري نوع من الاستثمار الفكري والعلمي والبشري الدنيوي من جهة وتجارة مع الله لنشر دينه والدعوة إليه من جهة أخرى، فهل بعد ذلك من شرف! [69].

وهنا يود الباحث أن يؤكد أنه قد ذكر هذه النقطة في مناسبات عديدة، وهي كيفية تحويل جهود الأمة لتأسيس معاهد خاصة بالإعجاز وما ينتج عنه من مكتشفات وإنجازات لنسبق به غيرنا، وحاول تحقيق ذلك الهدف مع العديد من الشخصيات، ولكن الأمر يبدو يحتاج لمزيد من الصبر والترتيب، والله المستعان[70].

7. مسارات البحث العلمي لمشروع انتاج الفضة الشفافة أو القوارير الفضية

قام الباحث منذ أكثر من 12 عاماً بمعية بعض المتخصصين الآخرين في علوم الهندسة الكيميائية وهندسة المواد بعمل الاستنباط العلمي لإنتاج الفضة الشفافة، وتم وضع المعادلات الكيميائية المناسبة لذلك، ويبحث الفريق عن جهة ممولة لإنتاجه معملياً وصناعياً وتجارياً.

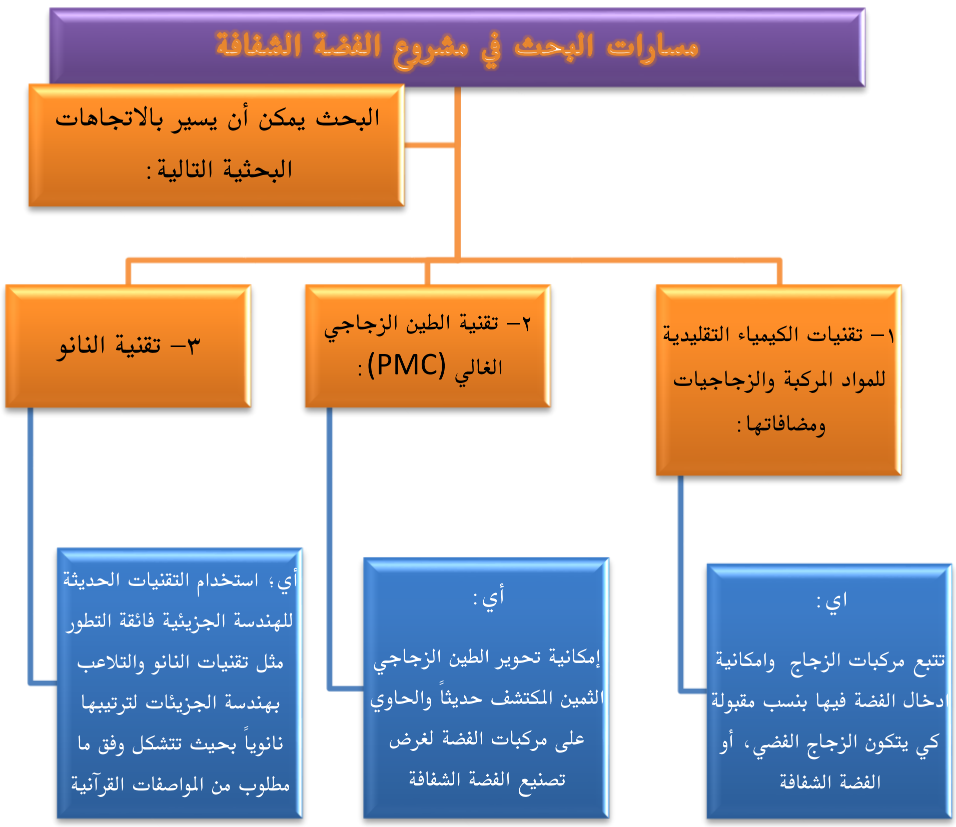
ولقد اتجهت مسارات البحث كما يبين الشكل (16) أدناه إلى 3 اتجاهات:

1- تقنيات كيميائيات الزجاجيات والمواد المركبة [1][2][71] ،

2- تقنية الطين الزجاجي الغالي (PMC) [47] [48] [49] ،

3- علوم الهندسة الجزيئية وتقنياتها المتطورة المكتشفة حديثاً مثل تقنية النانو[13].

هذه التقنيات جميعها يمكن أن تفضي بنا لنتائج ممتازة في تكوين الفضة البلورية الشفافة التي هي حتماً دون مستوى تلك الجوائز الأخروية التي لا يمكن لعقل أن يتصورها أو عين ان تشاهد مثلها كما تبين لنا الآيات الصريحة والأحاديث الصحيحة.

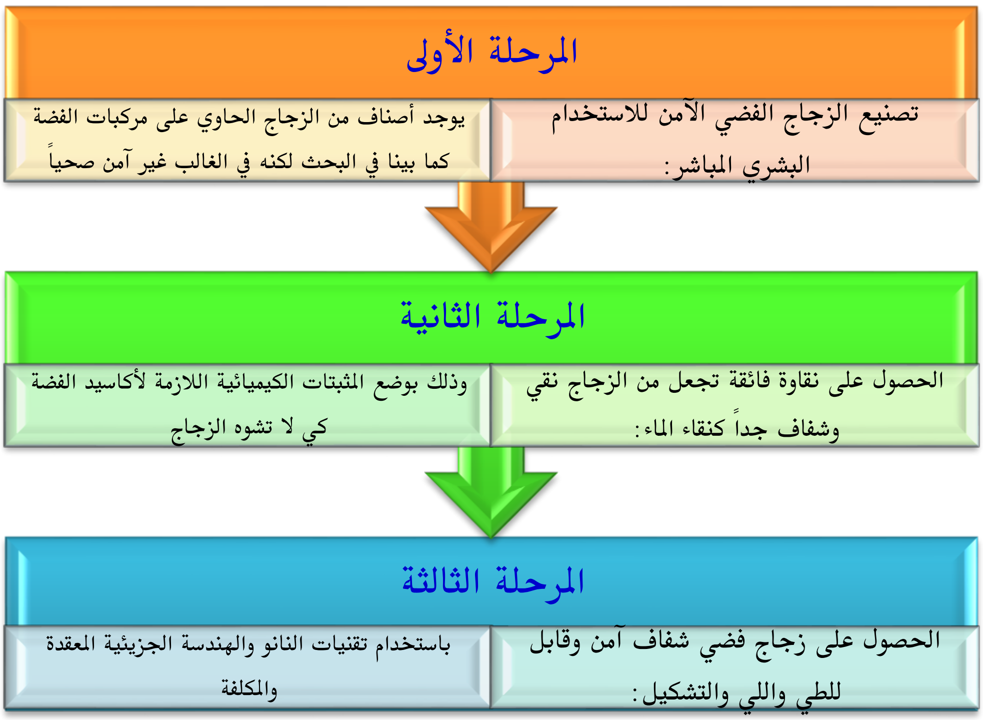


شكل 16 اتجاهات ومسارات البحث العلمي المحتملة لمشروع الفضة الشفافة.

لكن لغرض الحصول على كامل الصفات المذكورة قرآنياً المبينة آنفاً أطلق المؤلف منذ أكثر من 15 عاماً مشروع : الفضة الشفافة أو القوارير الفضية، ويتألف المشروع من ثلاثة مراحل كما مبين في الشكل (17).

إن صناعة الزجاج تتكون من 4 عناصر، 3 منها رئيسة تتعلق بما يعرف عملية تشكيل وتركيب الزجاج (Glass Composition)، وواحدة ثانوية تتعلق بعملية التلوين أو تكوين الزجاج الملون (Colored Glass). فبالنسبة لعملية تشكيل الزجاج فإنها تتألف من ثلاثة أنواع أساسية من العناصر أو المركبات المكونة له [9] [10] :

1. المركبات المشكِّلة أو المشكِّلات (formers)،
2. المركبات التدفقية الاقتحامية أو التدفقيات (fluxes)،
3. عوامل الاستقرار والعناصر المثبتة أو المثبتات (stabilizers).



شكل 17 مراحل البحث العلمي المطلوبة لاكتمال مشروع الفضة الشفافة وفق المواصفات القرآنية.

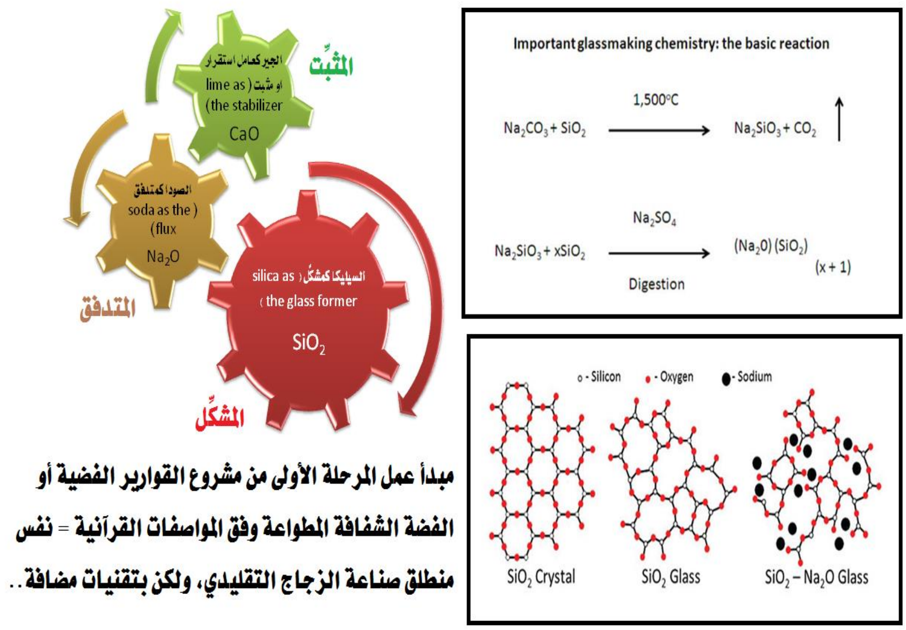
تعد المركبات المشكِّلة أو المشكِّلات (formers) في صناعة الزجاج العناصر الأساسية في بنية المادة الزجاجية، وتستخدم في معظم الزجاجيات، ألا وهي السيليكا أو ثاني اوكسيد السليكون (SiO_2). لكن السيليكا النقية من الصعب أن تذوب بسبب نقطة انصهارها العالية جدا (1723 درجة مئوية، أو 3133 فهرنهايت)، ولكن بإضافة العناصر الاقتحامية أو التدفقيات (fluxes) يستطيع المصنعون ان يخفضوا درجة حرارة الانصهار العالية ويقللوا التكاليف وهدر الطاقة [9] [10] [71].

وأما المركبات التدفقية الاقتحامية أو التدفقيات (fluxes)، فإن معظم الزجاجيات السيليكية تحتوي على عناصر تدفقية مضافة (added fluxes)، بحيث يمكن اذابة السيليكا عند درجة حرارة أقل بكثير من درجات انصهارها العالية بحيث تصل الى حوالي (800 س C-900 درجة مئوية، أو 1472-1652 فهرنهايت). وتشمل التدفقات القياسية في صناعات الزجاجا كل من : الصودا - soda- (Na_2O)، البوتاس - potash- (K_2O)، الليثيا - lithia - (Li_2O). في كثير من الأحيان يتم إضافة العناصر التدفقية بهيئة كربونات (على سبيل المثال كربونات الصوديوم - Na_2CO_3-)، فيحصل خلال التفاعل أن ثاني أوكسيد الكربون (CO_2) يطرد خارجاً أثناء التسخين. ولكن مشكلة هذه الزجاجيات السليكية المضاف اليها التدفقيات انها ضعيفة في قوة التحمل وقابلة للذوبان في الماء في كثير من الأحيان. ، واليوم صانعوا بعض الزجاجيات يتعاملون مع نقطة انصهار أقل من ذلك بكثير (400 س C-600 درجة مئوية، أو 752-1112 فهرنهايت) كما في حال اضافة أكسيد البوريك - boric oxide -(B_2O_3)، وخامس أكسيد الفوسفور - phosphorus pentoxide - (P_2O_5) اللذان يذوبان أو ينصهران بسهولة، ولكن بسبب ان منتجاتها الزجاجية تذوب في الماء فإن فوائدها تعد محدودة [9] [10] [71].

وأما النوع الثالث المتعلق بعوامل الاستقرار والعناصر المثبتة أو المثبتات (stabilizers) فتتم إضافتها لغرض الحصول على زجاجيات أقوى وأكثر دواماً. ولعل أهم أنواع المثبتات (stabilizer) هو أوكسيد الكالسيوم أو الجير ((lime (CaO))، وثمة أنواع أخرى مثل: المغنيسيا أو أول أوكسيد المغنيسيوم ((magnesia (MgO)) والباريا أو أول أوكسيد الباريوم (baria (BaO)) والليثارج أو أول أوكسيد الرصاص ((litharge (PbO)) [9] [10].

وعموماً؛ كل صناعات الزجاج التي تستخدم في النوافذ والاقداح والعلب والاجرات والمصابيح وغيرها، والزجاج الأكثر شيوعا والاغزر انتاجا باكبر الكميات من قبل صناع الزجاج قديمهم وحديثهم، يستند في صناعته على السيليكا كمشكِّل (silica as the glass former)، والصودا كمتدفق (soda as the flux)، والجير كعامل استقرار أو مثبت (lime as the stabilizer) [9] [10]، الشكل (18).

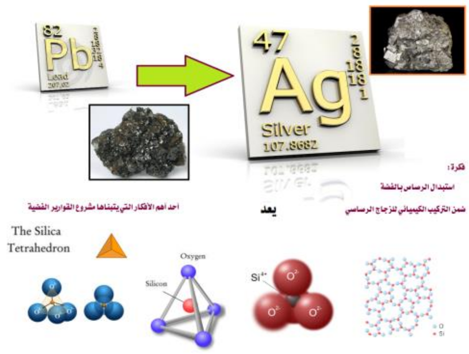
بناء عليه؛ فالمرحلة الأولى للبحث لن تحيد عن هذه القواعد الصناعية. أما عن الملونات فذلك أمر آخر لا نحتاجه في مبحثنا القرآني لأننا نروم زجاج فضة شفاف كأنه البلور والكريستال.



شكل 18 متطلبات صناعة نموذج الفضة الشفافة المطواعة في مرحلته الأولى من مشروع القوارير الفضية.

ومن خلال متابعة دراسة جدوى البحث والمشروع تقنياً واقتصادياً وتتبع البحوث الحديثة يمكن تبني فكرة التلاعب بالهرم رباعي السطوح –التيتراهايدرال- (tetrahedral pyramid shape)، المتكون بعد إذابة مصهور الزجاج. فالسليكون الزجاجي، وهو مركب رباعي الأواصر، يحتاج لمركب رباعي الأواصر من الأوكسيدات المعدنية، لذلك لا ينفع في هذه الحالة إلا أوكسيد الفضة الرباعي فقط (الشكل 19)، وإن كان أقل استقرارية كيميائية، فهو يحتاج إلى مثبتات كيميائية لا تؤثر على شفافية المنتوج، وهو ما يعمل الباحث على تطويره فعلاً. وأما بقية المراحل اللاحقة المبينة في الشكل (17) فتحتاج لتقنيات أعلى وبالتالي لتكاليف أكبر.

وحيث أن الأمر يتطلب جهوداً وأموالاً كثيرة باستخدام تلك التقنيات، فلقد استقر الفريق البحثي لمشروع إنتاج الفضة الشفافة المطواعة تقنياً على إمكانية استعاضة أوكسيد الرصاص (Pb_3O_4.) المستخدم في صناعة الزجاج الرصاصي (Lead Glass) بأوكسيد الفضة الرباعي نوع (Ag_3O_4) لغرض صناعة الزجاج الفضي - الشكل 19 - لا لأفضليتها ولكن لرخص انتاجها كنماذج تمثل مرحلة المشروع الأولى، ويمكن لو أتيحت للباحثين فرص وإمكانات أعلى أن يستخدموا التقنيات الأغلى ثمناً والأجود نتيجة لاستكمال بقية المراحل.



شكل 19 ضمن المرحلة الأولى لمشروع الفضة الشفافة المطواعة، تستند الفكرة التقنية على إمكانية استعاضة أوكسيد الرصاص نوع Pb_3O_4. بأوكسيد الفضة نوع Ag_3O_4 لغرض صناعة الزجاج الفضي .

8. تنويه وتنبيه وتحذير

ينوه الباحث هنا أن هذا البحث استغرق منه أكثر من 17 عاماً، منذ انطلاق فكرته الأولى مع نشر كتابه الأول (المنظار الهندسي للقرآن الكريم بطبعته الأولى عام 2001 م)، ومروراً بالعديد من الإشارات والتنويهات حولها في كتبه وبحوثه ومؤلفاته اللاحقة، وكذلك البرامج التلفازية والإذاعية واللقاءات الصحفية الكثيرة الأخرى، وصولاً للاستنباطات والاكتشافات والدراسات والتطبيقات والتجارب الكثيرة حول الأمر. وقد وصل البحث الى مراحل متقدمة فيه، نسأل الله تعالى أن يمن علينا بالعمر والعافية كي نكمله.

وبناء عليه؛ يحذر الباحث من مغبة سرقة البحث جزئياً أو كلياً، أو ادعاء السبق فيه لأي شخص آخر (دون الرجوع للباحث) فذلك من دواعي الملاحقة القانونية.

المراجع

1. Fundamentals of Engineering Materials, Peter Thorntom/Vito J. Colangelo; Prentice Hall Inc., 1985, New Jersey, USA; pp: 3-9
2. Materials Science and Engineering: An Introduction 9th Edition; by William D. Callister, David G. Rethwisch; Wiley; 9 edition; December 4, 2013; 984 pages
3. Lead crystal: From Wikipedia, the free encyclopedia (http://en.wikipedia.org/wiki/Lead_crystal)
4. Glass Encyclopedia: http://www.glass-time.com/Encyclopedia/Americanglass.html.
5. The Collector's Encyclopedia of Fry Glassware (1990) by American Glass Society.
6. Collecting American Brilliant Cut Glass, 1876-1916 (1997) by Bill Boggess/ American Cut and Engraved Glass (2000) by Albert Christian Revi.
7. Czechoslovakian Glass & Collectibles by Dale &Diane Barta & Helen M. Rose, 1991.
8. Czechoslovakian Glass & Collectibles : Book II : Identification & Value Guide by Dale & Diane Barta &Helen M. Rose, 1996.
9. بحث مجلة ناشينال جيوغرافيك المخصص عن الزجاجيات في عدد ديسمبر 1993م: (Glass- Capturing the dance of light; William S. Ellis; National Geographic; Vol. 184; No. 6; December 1993; pp: 37-69).. وانظر : مجلة علوم العراقية؛ العدد (39)؛ 1988؛ ملف متكامل من 20 صفحة .. وانظر كذلك مجلة (Hobby) الألمانية؛ عدد فبراير 1984م، الحاوي على ملف متكامل عن الزجاجيات.
10. Brooks, John A. (1973). Glass. New York: Golden Press.. Douglas, R. W., and Susan Frank (1972). A History of Glassmaking. Oxfordshire, England: G. T. Foulis & Co.. Kampfer, Fritz, and Beyer, Klaus G. (1966). Glass: A World History. London: Studio Vista.. Kolb, Kenneth E., and Kolb, Doris K. (1988). Glass: Its Many Facets. Hillside, NJ: Enslow.. Phillips, Phoebe (1981). The Encyclopedia of Glass. New York: Crown Publishers.. Rogers, Frances, and Beard, Alice (1948). 5000 Years of Glass. New York: Lippincott.. .. http://www.chemistryexplained.com/Ge-Hy/Glass.html
11. The Lycurgus Cup – A Roman Nanotechnology; Ian Freestone , Nigel Meeks , Margaret Sax and Catherine Higgitt; Gold Bulletin; 40/4; 2007; pp: 270-277.

12. Romans Used Nanotechnology to Turn Lycurgus Cup From Green to Red 1600 Years Ago; By Mary-Ann Russon; International Business Times; October 6, 2014 16:33 BST.. http://www.ibtimes.co.uk/romans-used-nanotechnology-turn-lycurgus-cup-green-red-1600-years-ago-1468746.
13. Nanostructures and Nanotechnology 1st Edition; by Douglas Natelson; Cambridge University Press; 1 edition; August 3, 2015; 639 pages
14. Stiffer Than Steel; John D. W. Madden; SCIENCE; VOL 323; 20 MARCH 2009; pp: 1571-1572/ 1575–1578
15. Biomimetics: Steel strong, air light; Ray Baughman; the University of Texas; Nature; vol. 458; 26 March 2009p: 389- Research Highlights
16. Carbon nanotubes make artificial muscle; Katharine Sanderson; Nature; 19 March 2009.. http://www.nature.com/news/2009/090319/full/news.2009.178.html
17. Nanoparticle Polymer Composites: Where Two Small Worlds Meet; Anna C. Balazs, Todd Emrick, Thomas P. Russell; SCIENCE; VOL 314; 17 NOVEMBER 2006; pp: 1107- 1110
18. المنظار الهندسي للقرآن الكريم، د. خالد فائق العبيدي، دار المسيرة بعمان، ط/1، ص 418
19. A Study on Transparent Concrete: A Novel Architectural Material to Explore Construction Sector; Bhavin K. Kashiyani, et. al.; International Journal of Engineering and Innovative Technology (IJEIT); Volume 2; Issue 8; February 2013; pp: 83-87
20. Light Transmitting Concrete- A New Innovation; Patil Gaurao S., Patil Swapnal V.; International Journal of Engineering Research and General Science; Volume 3; Issue 2; Part 2; March-April, 2015; pp: 806-811
21. Fundamentals of Engineering Materials, Peter Thorntom/Vito J. Colangelo; Prentice Hall Inc., 1985, New Jersey, USA; pp: 561 - 572/ Ch.15, Ceramic Engineering Materials amd Their Applications.
22. Lead-Free Glass Formulations for Passive Component Termination; Matthew Bogart and Harlan Brown; CARTS USA 2006 April 3-6, 2006 Orlando, FL
23. Lead-free vanadium-system glass.. http://www.hitachi.com/rd/research/hrl/nano_05.html
24. ILMC; Issue 6; October .2011 ; pp: 2-4
25. Proceeding for the Tenth Technical Exchange Conference; International Crystal Federation's (ICF) Highlights Risk Reduction; Grafenau, Germany; 12-15 Sept. 2011
26. Unjamming a Polymer Glass MATERIALS SCIENCE; David A. Weitz; SCIENCE; VOL 323 9; JANUARY 2009; pp: 214- 215
27. Materials science: No gas from glass; Nature; Volume 461; Number 7265; 8 October 2009; p: 701- Research Highlights
28. Freezing and Melting: Action at Grain Boundaries; Peter N. Pusey; SCIENCE; VOL 309; 19 AUGUST 2005; pp: 1198-1199
29. Materials science: Soft is strong; C. Austen Angell & Kazuhide Ueno; Nature; vol. 462; 5 November 2009; pp:45-46- News and Views.
30. The Flow of Glass; Michael L. Falk; SCIENCE; VOL 318; 21 DECEMBER 2007; pp: 1880-1881; MATERIALS SCIENCE.
31. MATERIALS-Stress Profiling Gets The Best Out of Glass; Alexander Hellemans; Science; Vol. 283; no. 5406; 26 February 1999; pp. 1237 - 1238.
32. باحثون يطورون زجاجاً مضادا للضباب ذاتي التنظيف؛ العربية–نت؛ دبي – رشا صفوت؛ الإثنين 09 جمادى الثانية 1433هـ – 30 أبريل 2012م.
33. Silver; From Wikipedia, the free encyclopedia; .. https://en.wikipedia.org/wiki/Silver.. The Different Applications of Silver Compounds; Sponsored by Alfa Aesar; AZO Materials.. http://www.azom.com/article.aspx?ArticleID=11987.. 101 Uses of Silver in Everyday Life; by Dave; Silver Coins.. http://www.silvercoins.com/uses-of-silver/
34. CHEMICAL REACTION AND ELECTRICAL PROPERTIES OF AMORPHOUS RuO -Ag-GLASS TERNARY SYSTEM; AKIRA IKEGAMI and KIICHI SHINRIKI; Electrocomponent Science and Technology; Vol. 5, (C)Gordon and Breach Science Publishers Ltd; Printed in Great Britain; 1978; pp. 27-32
35. Preparation and characterization of antibacterial P2O5–CaO–Na2O–Ag2O glasses; A. A. Ahmed, et. al.; Journal of Biomedical Materials Research Part A; Volume 98A; Issue 1; July 2011; pages 132–142
36. Optical Durability of Candidate Solar Reflectors; C. E. Kennedy and K. Terwilliger (National Renewable Energy Laboratory (NREL)); Journal of Solar Energy Engineering(J. Sol. Energy Eng.); May 2005 - Volume 127, Issue 2, 262 (8 pages).. http://dx.doi.org/10.1115/1.1861926

37. Optical Durability of Candidate Solar Reflectors; C. E. Kennedy & K. Terwilliger (National Renewable Energy Laboratory, Golden, CO);ASME 2004 International Solar Energy Conference (ISEC2004) ; Solar Energy / Solar Thermal Power; July 11–14, 2004 , Portland, Oregon, USA - Sponsor: Solar Energy Division; Paper no. ISEC2004-65111 pp. 597-606 .. http://dx.doi.org/10.1115/ISEC2004-65111
38. The SkyTroughTM Parabolic Trough Solar Collector; Adrian Farr & Randy Gee (SkyFuel, Inc., Arvada, CO); ASME 2009 3rd International Conference on Energy Sustainability collocated with the Heat Transfer and InterPACK09 Conferences (ES2009) ; July 19–23, 2009 , San Francisco, California, USA -Sponsor: Advanced Energy Systems Division and Solar Energy Division ; Paper no. ES2009-90090 pp. 573-580.. http://dx.doi.org/10.1115/ES2009-90090
39. Novel Parabolic Trough Collectors Driving a Small-Scale Organic Rankine Cycle System; P. Kohlenbach, et. al.; ASME Conference Proceedings ; ASME 2007 Energy Sustainability Conference (ES2007) ; July 27–30, 2007 , Long Beach, California, USA - Sponsor: Solar Energy Division and Advanced Energy Systems Division ;; Paper no. ES2007-36157 pp. 995-1003.. http://dx.doi.org/10.1115/ES2007-36157
40. Thin Glass CSP Mirrors: “From Reflection to Concentration”; Jeffrey D. English (Naugatuck Glass, Warren, PA); ASME Conference Proceedings; ASME 2007 Energy Sustainability Conference (ES2007) ; July 27–30, 2007 , Long Beach, California, USA -Sponsor: Solar Energy Division and Advanced Energy Systems Division ; Paper no. ES2007-36173 pp. 1041-1045.. http://dx.doi.org/10.1115/ES2007-36173
41. An Economic and Performance Evaluation of Parabolic Trough Component Improvements; R. C. Gee and L. M. Murphy (Solar Energy Research Institute, Thermal Systems and Engineering Branch); Journal of Solar Energy Engineering (J. Sol. Energy Eng.)- February 1983 --Volume 105, Issue 1, 10 (9 pages).. http://dx.doi.org/10.1115/1.3266337
42. The Effect of Natural Soiling and Cleaning on the Size Distribution of Particles Deposited on Glass Mirrors; E. P. Roth and A. J. Anaya (Sandia National Laboratories); Journal of Solar Energy Engineering (J. Sol. Energy Eng. -- November) 1980 -- Volume 102, Issue 4, 248 (9 pages).. http://dx.doi.org/10.1115/1.3266188
43. Study on the Crystalline Structure and the Thermal Stability of Silver-oxide Films Deposited by Using Direct-current Reactive Magnetron Sputtering Methods; Feng Hong-Liang, et. al.; Journal of the Korean Physical Society, Vol. 56, No. 4, April 2010, pp. 1176»1179
44. Silver Specimen Mineral Rooms; Silver crystals: http://www.themineralgallery.com/silver.htm.. www.exceptionalminerals.com
45. McCreight, Tim. "What's New?" Metalsmith Spring 2006, Vol. 26 Issue 1, p42-45, 4p.
46. Glass ; from Wikipedia, the free encyclopedia.
47. Metal Clay for Jewelry Makers: The Complete Technique Guide ; by Sue Heaser; Interweave; 1 edition; October 23, 2012; 192 pages.
48. Precious Metal Clay: 25 Gorgeous Designs for Jewelry and Gifts; by Xuella Arnold ; St. Martin's Griffin; 1st edition; July 22, 2008; 128 pages.
49. Metal Clay - The Complete Guide: Innovative Techniques to Inspire Any Artist; by Jackie Truty; Krause Publ; SPI edition; July 12, 2007; 256 pages.
50. www.PMC.com.. PMC Conference 2008 photos.
51. Silver Overlay Glass: Glass Encyclopedia
52. Silver Overlay Glassware by Ellen D Teller in Glass Collector's Digest, Oct 1989.
53. Nineteenth Century Glass by Albert C Revi, 1967.
54. الإتقان في علوم القرآن (ج: 2 ص: 125)، ، الشيخ العلامة أبي الفضل جلال الدين عبد الرحمن أبي بكر السيوطي المتوفى سنة 911 هجرية رحمه الله تعالى، دار الكتب العلمية، ط/1، -2 جزء، بيروت – لبنان، 1407هـ، 1987م
55. التبيان في تفسير غريب القرآن (ج: 1 ص: 440)، ابن الهائم، شهاب الدين أحمد بن محمد بن عماد، تحقيق ضاحي عبد الباقي محمد، دار الغرب الإسلامي، 2003م.
56. لسان العرب (ج: 7 ص: 207-208).. ابن منظور، تحقيق: عامر أحمد حيدر – عبد المنعم خليل إبراهيم، 15 جزء دار الكتب العلمية، بيروت – لبنان، 2003م.
57. التعريفات(ج: 1 ص: 276-277).. المؤلف: علي بن محمد بن علي الزين الشريف الجرجاني (المتوفى: 816هـ)؛ المحقق: ضبطه وصححه جماعة من العلماء بإشراف الناشر؛ الناشر: دار الكتب العلمية بيروت -لبنان؛ الطبعة: الأولى 1403هـ -1983م؛ عدد الأجزاء: 1

58. تفسير الطبري – جامع البيان ت شاكر (ج 24/ ص 106)، وفي ط هجر (ج 23/ ص 558).. جامع البيان في تأويل القرآن؛ المؤلف: محمد بن جرير بن يزيد بن كثير بن غالب الآملي، أبو جعفر الطبري (المتوفى: 310هـ)؛ المحقق: أحمد محمد شاكر ؛ الناشر: مؤسسة الرسالة؛ الطبعة: الأولى، 1420 هـ – 2000 م؛ عدد الأجزاء: 24..
59. تفسير الثعالبي – الجواهر الحسان في تفسير القرآن (ج 5/ ص 531).. الجواهر الحسان في تفسير القرآن؛ المؤلف: أبو زيد عبد الرحمن بن محمد بن مخلوف الثعالبي (المتوفى: 875هـ)؛ المحقق: الشيخ محمد علي معوض والشيخ عادل أحمد عبد الموجود؛ الناشر: دار إحياء التراث العربي – بيروت؛ الطبعة: الأولى – 1418 هـ.
60. تفسير النسفي – مدارك التنزيل وحقائق التأويل (3/ 580).. مدارك التنزيل وحقائق التأويل؛ المؤلف: أبو البركات عبد الله بن أحمد بن محمود حافظ الدين النسفي (المتوفى: 710هـ)؛ حققه وخرج أحاديثه: يوسف علي بديوي؛ راجعه وقدم له: محيي الدين ديب مستو؛ الناشر: دار الكلم الطيب، بيروت؛ الطبعة: الأولى، 1419 هـ – 1998 م؛ عدد الأجزاء: 3
61. تفسير البيضاوي [جزء 1 – صفحة 429].. أنوار التنزيل وأسرار التأويل؛ المؤلف: ناصر الدين أبو سعيد عبد الله بن عمر بن محمد الشيرازي البيضاوي (المتوفى: 685هـ)؛ المحقق: محمد عبد الرحمن المرعشلي؛ الناشر: دار إحياء التراث العربي – بيروت؛ الطبعة: الأولى – 1418 هـ.. وانظر طبعة دار الكتب العلمية، بيروت –لبنان، 2003م.
62. تفسير ابن كثير [جزء 4 – صفحة 586].. تفسير القرآن العظيم، أبو الفداء ابن كثير الدمشقي، دار الكتب العلمية، بيروت –لبنان، 2004م.
63. تفسير القرطبي [جزء 19 – صفحة 125].. الجامع لأحكام القرآن، أبو عبد الله ابن فرج الأنصاري القرطبي، 11 مجلد، دار الكتب العلمية، بيروت –لبنان، 2005م.
64. تفسير (في ظلال القرآن)، سيد قطب، ج/6، ص3782، بتصرف.. 6 أجزاء، دار الشروق، بيروت–لبنان.
65. تفسير السمعاني (4/ 102).. تفسير القرآن؛ المؤلف: أبو المظفر، منصور بن محمد بن عبد الجبار ابن أحمد المروزى السمعاني التميمي الحنفي ثم الشافعي (المتوفى: 489هـ)؛ المحقق: ياسر بن إبراهيم وغنيم بن عباس بن غنيم؛ الناشر: دار الوطن، الرياض – السعودية؛ الطبعة: الأولى، 1418هـ- 1997م.
66. A mark of imperfection; Philip Ball; NATURE; VOL 431; 30 SEPTEMBER 2004; p: 524- research highlights/ Ceramics
67. Japanese pottery from Bizen; Chem. Mater; Vol. 16, 2004; pp: 3641–3646
68. ذكرنا ذلك في لقاء قناة الجزيرة مباشر يوم 23–7–2009م وقبل ذلك في كتبنا وبحوثنا وموقعنا على الشبكة.
69. عن كتابنا (المنظار الهندسي للقرآن الكريم)، طبع دار المسيرة بعمان، ص 418، بتصرف.. المنظار الهندسي للقرآن الكريم، د. خالد فائق العبيدي، دار المسيرة، عمان– الأردن، ط / 1، 1422هـ – 2001م.. ط / 2، 1426هـ – 2005م.. وانظر: كتاب "هندسة المواد في القرآن والسنة"، ضمن سلسلة (لمحات هندسية من القرآن والسنة النبوية) الصادرة عن هيئة خدمة علوم القرآن بجائزة دبي للقرآن الكريم، الدكتور المهندس خالد فائق صديق العبيدي، طبع دار ابن حزم ودار البشائر ببيروت، ط/1، 1431 هـ –2011م.
70. هندسة الدعوة العصرية، د. خالد فائق العبيدي، دار ابن حزم، بيروت– لبنان، ط/1، 1432هـ –2011م.. وانظر كذلك: القرآن منهل العلوم، د. خالد فائق العبيدي، ط/2، طبعة منقحة ومزيدة، دار الكتب العلمية، بيروت– لبنان، 1428هـ– 2007م.
71. Chemical Reactions Between Components in the Production of Glass-Forming Melt; Yu. A. Guloyan; Glass and Ceramics; Volume 60, Issue 7; July 2003, pp 233-235